

150474

T.C.
GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN UZAYSAL DEĞİŞKENLİĞİNİN
JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman: Doç. Dr. Sabit ERŞAHİN
Hazırlayan : Buket YETGİN

150474

EYLÜL-2004
TOKAT

T.C.
GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN UZAYSAL DEĞİŞKENLİĞİNİN
JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE ANALİZİ

Buket YETGİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK ANA BİLİM DALI

Bu tez 06.09.2004 tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oy birliği ile kabul edilmiştir.

Ünvanı, Adı ve Soyadı _____ İmza _____

Başkan : Prof. Dr. Alper DURAK
Üye : Doç. Dr. Sabit ERŞAHİN
Üye : Yrd. Doç. Dr. Kadri YÜREKLİ

h dural
Sabit Erşahin
Kadri Yüreklİ

ONAY:

Bu tez 27/8/2004 tarih ve 24 sayılı Enstitü Yönetim Kurulu tarafından belirlenen jüri üyelerince kabul edilmiştir.

15.10.2004
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü
Prof. Dr. Adem ÖNAL

ÖZET**TOPRAK FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN UZAYSAL DEĞİŞKENLİĞİNİN
JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE ANALİZİ****Buket YETGİN****GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK ANA BİLİM DALI****YÜKSEK LİSANS TEZİ****2004, 94****Danışman: Doç. Dr. Sabit ERŞAHİN****Jüri : Prof. Dr. Alper DURAK****Jüri : Doç. Dr. Sabit ERŞAHİN****Jüri : Yrd. Doç. Dr. Kadri YÜREKLİ**

Topraklar ve özellikleri zamanla çevresel faktörlerin etkisi sonucu dikey ve yatay yönde değişmektedir. Kısmen belirleyici olan modellerle topraklardaki bu değişkenlik gösterilebilmektedir. Bu çalışmada, yaklaşık 3 ha 'lık bir alanda toprak fiziksel özelliklerinin uzaysal değişkenliğinin jeoistatistiksel yöntemlerle belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 0-30 cm toprak derinliğinden alınan örneklerinin kil, silt, kum içerikleri, doymuş hidrolik iletkenlik (K_{sat}), hacim ağırlığı (HA), gözeneklilik (f), tarla kapasitesi su içeriği (TK), solma noktası su içeriği (SN) ve bitkiye yarayırlı su içeriği (BYS), $CaCO_3$, pH, organik madde ve EC ölçümleri laboratuarda yapılmıştır. Laboratuarda ölçülen sonuçlar kullanılarak her bir toprak özelliği için tanımsal istatistik yapılmıştır. Toprak özelliklerinin arazideki uzaysal değişkenliği jeoistatistiksel yöntemlerle analiz edilmiştir. Bu amaçla önce deneysel semivariogramlar elde

II

edilmiş daha sonra elde edilen deneysel semivariogramları temsil edecek en uygun teorik semivariogramlar belirlenmiştir. Bu toprak özelliklerinden yüksek değişkenlik gösteren toprak özellikleri $\text{CaCO}_3(\%)$ % 42 ve doymuş hidrolik iletkenlik (cm/s) (%60), en düşük değişkenlik gösteren toprak özelliği ise pH (%1) olarak belirlenmiştir. Doymuş hidrolik iletkenlik ve tarla kapasitesi su içeriği üssel (exponential) modelle diğer toprak özellikleri ise küresel modelle modellenmiştir. Toprak özellikleri arasında uzun mesafeli uzaysal bağımlılık gözeneklilik için (137.50 m), en kısa mesafeli ise hidrolik iletkenlik için (24.9 m) bulunmuştur. En düşük nugget değerleri HA (0.0095) için, en yüksek EC (1110.00) için hesaplanmıştır. Toprak özelliklerinin ölçülmüş değerlerine ve krigleme ile elde edilen değerlere ilişkin yüzey harita sonuçları ve çapraz değerlendirme sonuçları kriglemenin çalışma alanındaki toprak özelliklerinin enterpolasyonu için güvenle kullanılabilceğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Jeoistatistik, semivariogram, uzaysal değişkenlik, krigleme, çapraz değerlendirme

ABSTRACT

**ANALYSIS OF SPATIAL VARIABILITY OF SOIL PHYSICAL
PROPERTIES USING GEOSTATISTICAL METHODS**

Buket YETGİN

**GAZIOSMANPASA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE
DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE**

Master Thesis

2004, 94

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN

Jury : Prof. Dr. Alper DURAK

Jury : Assoc. Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN

Jury : Ass. Prof. Dr. Kadri YÜREKLİ

Soils vary both vertically and horizontally due to variation in the rate and extent of soil forming factor over time. This variation can be expressed using proper mathematical functions. The aim of this study was to analyse spatial variability of some soil properties in an approximately 3 ha area with geostatistical methods. Soil samples collected from 0-30 cm depth in a alluvial field were analyzed in laboratory for clay, silt, sand content, saturated hydraulic conductivity (K_{sat}), bulk density (HA), porosity, water content at field capacity (TK), water content at wilting point (SN), plant available water content (BYS), organic matter, pH, EC and $CaCO_3$. First, exploratory data analysis was conducted for each of the soil properties, then the spatial variability of the soil properties was examined with geostatistical methods. Theoretical semivariograms were fit to experimental semivariograms of soil

properties to obtain the best model describing spatial variability for each property. The greatest coefficient of variation was found for saturated hydraulic conductivity (60%) and CaCO_3 (42%), and the lowest for pH (1%). The best theoretical semivariogram for saturated hydraulic conductivity and water content at field capacity was exponential model, and spherical model was the best for all other soil properties. Porosity had the longest distance of spatial dependency (137.50 m), and saturated hydraulic conductivity had the shortest (24.9 m). The lowest nugget effect were found for bulk density (0.0095), the highest for EC(1110.00). The similarity in spatial pattern in surface maps of kriging for soil properties result and in measured values of the attributes, and result of cross-validation tests indicated that kriging could be used safely for interpolation of the soil properties in the study area.

Key Words: Geostatistics, semivariogram, spatial variability, kriging, cross-validation

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin hazırlanmasında bilgi, fikir ve literatür temini konusunda her türlü desteği sağlayan, yol gösteren, yardımlarını esirgemeyen ve beni tezimin her aşamasında büyük fedakarlıkla destekleyen Sayın Hocam Doç. Dr. Sabit ERŞAHİN'e sonsuz teşekkürlerimi ve minnettarlığımı ifade etmek istiyorum. Ayrıca, tezimin çeşitli aşamalarında yardım ve desteğini aldığım, Arş. Gör. Turgut KUTLU'ya, Arş. Gör. Dr. Sema CAMCI ÇETİN'e, Öğr. Gör. Sezer ŐAHİN'e, her zaman manevi desteğini hissettiğim Arş. Gör. Selma ÖZTEKİN'e ve Arş. Gör. Serpil ÇOBAN'a, teşekkür ederim. Bu tezin hazırlanmasında benden yardımlarını esirgemeyen bölümümüz öğretim elemanlarına, araştırma görevlilerine ve diğer tüm personeline ve burada ismini saymadığım herkese sonsuz minnettarım. Son olarak maddi ve manevi olarak beni büyük fedakarlıkla destekleyen aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	I
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	V
İÇİNDEKİLER	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VIII
TABLolar LİSTESİ	XIII
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	5
2.1. Toprak özelliklerindeki değişkenlikler	5
2.2. Jeoistatistik	7
2.3. Bölgeselleştirilmiş Değişkenler Teorisi	7
2.4. Otokorelasyon	8
2.5. Semivariogram	9
2.6. Krigleme	12
2.7. Ortak- Krigleme (Co-kriging)	14
2.8. Çapraz Değerlendirme	15
2.9. Toprak Özelliklerinin Uzaysal Değişkenliği	16
3. MATERYAL ve YÖNTEMLER	19
3.1. Materyal	19
3.1.1. Araştırma Alanı	19
3.2. Yöntemler	21
3.2.1. Örnekleme Planı ve Toprak Örneklerinin Alınması	21
3.2.2. Laboratuvar Analizleri	22
3.2.2.1. Fiziksel Analizler	22
3.2.2.2. Kimyasal Analizler	24
3.2.3. Sonuçların Analizleri	24
3.2.2.1. Tanımsal İstatistik ve Jeoistatistik Analizler	24

4. BULGULAR	26
4.1. Tanımsal İstatistiki Analizler	26
4.2. Jeostatistiksel Analiz Sonuçları	33
4.2.1. Kil	33
4.2.2. Kum	37
4.2.3. Silt	41
4.2.4. Hidrolik İletkenlik	45
4.2.5. Hacim Ağırlığı	49
4.2.6. Gözeneklilik	53
4.2.7. Tarla Kapasitesi Su İçeriği	57
4.2.8. Solma Noktası Su İçeriği	61
4.2.9. Bitkiye Yararışlı Su İçeriği	65
4.2.10. Organik Madde	69
4.2.11. Kireç	73
4.2.12. pH	77
4.2.13. EC	81
5. TARTIŞMA	85
KAYNAKLAR	90
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Semivariogram Parametreleri	10
Şekil 2.2. Semivariogram Modelleri	12
Şekil 3.1. Meyve Bahçesinin Dikim Planı ve Bahçe Üzerindeki Örnekleme Alanı	20
Şekil 3.2. Arazinin Örnekleme Planı(a) ve Bir Hat Üzerindeki Örnekleme Aralıkları (b)	22
Şekil 4.1. Kil İçin Ölçülen Değerlerin Yüzey Haritası	33
Şekil 4.2. Kil İçin İzotropik Variogram (a) ve Çapraz Değerlendirme (b) Grafiği	34
Şekil 4.3. Krigleme İle Elde Edilen Kil Yüzey Haritası	34
Şekil 4.4. Kil için Krigleme Standart Sapma Değerlerine İlişkin Yüzey Haritası	35
Şekil 4.5. Kil için Hata-Tahmin Grafiği	35
Şekil 4.6. Kil için Krigleme Hata Değerlerinin Arazi Boyunca Değişim Deseni	36
Şekil 4.7. Kum İçin Ölçülen Değerlerin Yüzey Haritası	37
Şekil 4.8. Kum İçin İzotropik Variogram (a) ve Çapraz Değerlendirme (b) Grafikleri	38
Şekil 4.9. Krigleme İle Tahmin Edilen Kum Yüzey Haritası	38
Şekil 4.10. Kum İçin Krigleme Standart Sapma Değerlerine İlişkin Yüzey Haritası	39
Şekil 4.11. Kum İçin Hata-Tahmin Grafiği	39
Şekil 4.12. Kum İçin Krigleme Hata Değerlerinin Arazi Boyunca Değişim Deseni	40
Şekil 4.13. Silt için Ölçülen Değerlerin Yüzey Haritası	41

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.14. Silt için İzotropik Variogram (a) ve Çapraz Değerlendirme (b) Grafikleri	42
Şekil 4.15. Krigleme İle Tahmin Edilen Silt Yüzey Haritası	42
Şekil 4.16. Silt için Krigleme Standart Sapma Değerlerine İlişkin Yüzey Haritası	43
Şekil 4.17. Silt için Hata- Tahmin Grafiği	43
Şekil 4.18. Silt için Krigleme Hata Değerlerinin Arazi Boyunca Değişim Deseni	44
Şekil 4.19. Hidrolik İletkenlik (cm/sn) için Ölçülen Değerlerin Yüzey Haritası	45
Şekil 4.20. Hidrolik İletkenlik İçin İzotropik Variogram (a) ve Çapraz Değerlendirme (b) Grafikleri	46
Şekil 4.21. Krigleme İle Tahmin Edilen Hidrolik İletkenlik Yüzey Haritası	46
Şekil 4.22. Hidrolik İletkenlik İçin Krigleme Standart Sapma Değerlerine İlişkin Yüzey Haritası	47
Şekil 4.23. Hidrolik İletkenlik İçin Hata- Tahmin Grafiği	47
Şekil 4.24. Hidrolik İletkenlik İçin Krigleme Hata Değerlerinin Arazi Boyunca Değişim Deseni	48
Şekil 4.25. Hacim Ağırlığı İçin Ölçülen Değerlerin Yüzey Haritası	49
Şekil 4.26. Hacim Ağırlığı İçin İzotropik Variogram (a) ve Çapraz Değerlendirme (b) Grafikleri	50
Şekil 4.27. Krigleme İle Tahmin Edilen Hacim Ağırlığı Yüzey Haritası	50
Şekil 4.28. Hacim Ağırlığı İçin Krigleme Standart Sapma Değerlerine İlişkin Yüzey Haritası	51
Şekil 4.29. Hacim Ağırlığı İçin Tahmin-Hata Grafiği	51
Şekil 4.30. Hacim Ağırlığı İçin Krigleme Hata Değerlerinin Arazi Boyunca Değişim Deseni	52
Şekil 4.31. Toplam Gözeneklilik İçin Ölçülen Değerlerin Yüzey Haritası	53

<u>Sekil No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.32. Toplam Gözeneklilik İçin İzotropik Variogram (a) ve Çapraz Değerlendirme (b) Grafikleri	54
Şekil 4.33. Krigleme İle Tahmin Edilen Toplam Gözeneklilik Yüzey Haritası	54
Şekil 4.34. Toplam Gözeneklilik İçin Krigleme Standart Sapma Değerlerine İlişkin Yüzey Haritası	55
Şekil 4.35. Toplam Gözeneklilik İçin Tahmin- Hata Grafiği	55
Şekil 4.36. Toplam Gözeneklilik İçin Krigleme Hata Değerlerinin Arazi Boyunca Değişim Deseni	56
Şekil 4.37. Tarla Kapasitesi Su İçeriği İçin Ölçülen Değerlerin Yüzey Haritası	57
Şekil 4.38. Tarla Kapasitesi Su İçeriği İçin İzotropik Variogram (a) ve Çapraz Değerlendirme (b) Grafikleri	58
Şekil 4.39. Krigleme İle Tahmin Edilen Tarla Kapasitesi Su İçeriği Yüzey Haritası	58
Şekil 4.40. Tarla Kapasitesi Su İçeriği İçin Krigleme Standart Sapma Değerlerine İlişkin Yüzey Haritası	59
Şekil. 4.41. Tarla Kapasitesi Su İçeriği İçin Tahmin- Hata Grafiği	59
Şekil 4.42. Tarla Kapasitesi Su İçeriği İçin Krigleme Hata Değerlerinin Arazi Boyunca Değişim Deseni	60
Şekil 4.43. Solma Noktası Su İçeriği İçin Ölçülen Değerlerin Yüzey Haritası	61
Şekil 4.44. Solma Noktası Su İçeriği İçin İzotropik Variogram (a) ve Çapraz Değerlendirme (b) Grafikleri	62
Şekil 4.45. Krigleme İle Tahmin Edilen Solma Noktası Su İçeriği Yüzey Haritası	62
Şekil 4.46. Solma Noktası Su İçeriği İçin Krigleme Standart Sapma Değerlerine İlişkin Yüzey Haritası	63
Şekil 4.47. Solma Noktası Su İçeriği İçin Hata- Tahmin Grafiği	63
Şekil 4.48. Solma Noktası Su İçeriği İçin Krigleme Hata Değerlerinin Arazi Boyunca Değişim Deseni	64
Şekil 4.49. Bitkiye Yarayışlı Su İçeriği İçin Ölçülen Değerlerin Yüzey Haritası	65

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.50. Bitkiye Yarayışlı Su İçeriği İçin İzotropik Variogram (a) ve Çapraz Değerlendirme (b) Grafikleri	66
Şekil 4.51. Krigleme İle Tahmin Edilen Bitkiye Yarayışlı Su İçeriği Yüzey Haritası	66
Şekil 4.52. Bitkiye Yarayışlı Su İçeriği İçin Krigleme Standart Sapma Değerlerine İlişkin Yüzey Haritası	67
Şekil 4.53. Bitkiye Yarayışlı Su İçeriği İçin Tahmin- Hata Grafiği	67
Şekil 4.54. Bitkiye Yarayışlı Su İçeriği İçin Krigleme Hata Değerlerinin Arazi Boyunca Değişim Deseni	68
Şekil 4.55. Organik Madde İçin Ölçülen Değerlerin Yüzey Haritası	69
Şekil 4.56. Organik Madde İçin İzotropik Variogram (a) ve Çapraz Değerlendirme (b) Grafikleri	70
Şekil 4.57. Krigleme İle Tahmin Edilen Organik Madde Yüzey Haritası	70
Şekil 4.58. Organik Madde İçin Krigleme Standart Sapma Değerlerine İlişkin Yüzey Haritası	71
Şekil 4.59. Organik Madde İçin Tahmin- Hata Grafiği	71
Şekil 4.60. Organik Madde İçin Krigleme Hata Değerlerinin Arazi Boyunca Değişim Deseni	72
Şekil 4.61. CaCO ₃ İçin Ölçülen Değerlerin Yüzey Haritası	73
Şekil 4.62. CaCO ₃ İçin İzotropik Variogram (a) ve Çapraz Değerlendirme (b) Grafikleri	74
Şekil 4.63. Krigleme İle Elde Edilen CaCO ₃ Yüzey Haritası	74
Şekil 4.64. CaCO ₃ İçin Krigleme Standart Sapma Değerlerine İlişkin Yüzey Haritası	75
Şekil 4.65. CaCO ₃ İçin Tahmin- Hata Grafiği	75
Şekil 4.66. CaCO ₃ İçin Krigleme Hata Değerlerinin Arazi Boyunca Değişim Deseni	76
Şekil 4.67. pH İçin Ölçülen Değerlerin Yüzey Haritası	77

<u>Sekil No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.68. pH İçin İzotropik Variogram (a) ve Çapraz Değerlendirme (b) Grafikleri	78
Şekil 4.69. Krigleme İle Tahmin Edilen pH Yüzey Haritası	78
Şekil 4.70. pH İçin Krigleme Standart Sapma Değerlerine İlişkin Yüzey Haritası	79
Şekil 4.71. pH İçin Tahmin- Hata Grafiği	79
Şekil 4.72. pH İçin Krigleme Hata Değerlerinin Arazi Boyunca Değişim Deseni	80
Şekil 4.73. EC İçin Ölçülen Değerlerin Yüzey Haritası	81
Şekil 4.74. EC İçin İzotropik Variogram (a) ve Çapraz Değerlendirme (b) Grafikleri	82
Şekil 4.75. Krigleme İle Tahmin Edilen EC Yüzey Haritası	82
Şekil 4.76. EC İçin Krigleme Standart Sapma Değerlerine İlişkin Yüzey Haritası	83
Şekil 4.77. EC İçin Tahmin- Hata Grafiği	83
Şekil 4.78. EC İçin Krigleme Hata Değerlerinin Arazi Boyunca Değişim Deseni	84

TABLOLAR LİSTESİ

<u>Tablo No</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1. Bazı Toprak Özellikleri İçin Range Değerleri ve Uzaysal Bağımlılığı	11
Tablo 4.1. Toprak Özellikleri İçin Tanımsal İstatistik Analiz Sonuçları	27
Tablo 4.2. Bazı Toprak ve Bitki Özellikleri İçin Varyasyon Katsayısı Sınırları	29
Tablo 4.3. Değişkenler Arasındaki İlişkiyi Gösteren Korelasyon Analizi Sonuçları	32
Tablo 4.4. Kil için İsootropik Variogram Parametreleri	34
Tablo 4.5. Kil için Ölçülen, Tahmini ve Hata Değerlerinin Tanımsal İstatistiki Analiz Sonuçları	35
Tablo 4.6. Kum için İsootropik Variogram Parametreleri	38
Tablo 4.7. Kum için Ölçülen, Tahmini ve Hata Değerlerinin Tanımsal İstatistiki Analiz Sonuçları	39
Tablo 4.8. Silt için İsootropik Variogram Parametreleri	42
Tablo 4.9. Silt için Ölçülen, Tahmini ve Hata Değerlerinin Tanımsal İstatistiki Analiz Sonuçları	43
Tablo 4.10. Hidrolik İletkenlik için İsootropik Variogram Parametreleri	46
Tablo 4.11. Hidrolik İletkenlik için Ölçülen, Tahmini ve Hata Değerlerinin Tanımsal İstatistiki Analiz Sonuçları	47
Tablo 4.12. Hacim Ağırlığı için İsootropik Variogram Parametreleri	50
Tablo 4.13. Hacim Ağırlığı için Ölçülen, Tahmini ve Hata Değerlerinin Tanımsal İstatistiki Analiz Sonuçları	51
Tablo 4.14. Toplam Gözeneklilik için İsootropik Variogram Parametreleri	54
Tablo 4.15. Toplam Gözeneklilik için Ölçülen, Tahmini ve Hata Değerlerinin Tanımsal İstatistiki Analiz Sonuçları	55
Tablo 4.16. Tarla Kapasitesi Su İçeriği için İsootropik Variogram Parametreleri	58
Tablo 4.17. Tarla Kapasitesi Su İçeriği için Ölçülen, Tahmini ve Hata Değerlerinin Tanımsal İstatistiki Analiz Sonuçları	59

<u>Tablo No</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 4.18. Solma Noktası Su İçeriği İçin İstotropik Variogram Parametreleri	62
Tablo 4.19. Solma Noktası Su İçeriği İçin Ölçülen, Tahmini ve Hata Değerlerinin Tanımsal İstatistiki Analiz Sonuçları	63
Tablo 4.20. Bitkiye Yarayışlı Su İçeriği İçin İstotropik Variogram Parametreleri	66
Tablo 4.21. Bitkiye Yarayışlı Su İçeriği İçin Ölçülen, Tahmini ve Hata Değerlerinin Tanımsal İstatistiki Analiz Sonuçları	67
Tablo 4.22. Organik Madde İçin İstotropik Variogram Parametreleri	70
Tablo 4.23. Organik Madde İçin Ölçülen, Tahmini ve Hata Değerlerinin Tanımsal İstatistiki Analiz Sonuçları	71
Tablo 4.24. CaCO ₃ İçin İstotropik Variogram Parametreleri	74
Tablo 4.25. CaCO ₃ İçin Ölçülen, Tahmini ve Hata Değerlerinin Tanımsal İstatistiki Analiz Sonuçları	75
Tablo 4.26. pH İçin İstotropik Variogram Parametreleri	78
Tablo 4.27. pH İçin Ölçülen, Tahmini ve Hata Değerlerin Tanımsal İstatistiki Analiz Sonuçları	79
Tablo 4.28. EC İçin İstotropik Variogram Parametreleri	82
Tablo 4.29. EC İçin Ölçülen, Tahmini ve Hata Değerlerin Tanımsal İstatistiki Analiz Sonuçları	83

1.GİRİŞ

Topraklar su ve çıplak kayaların olduğu yerler haricinde bütün araziyi kaplamaktadırlar. Karaların büyük bir kısmını kaplayan topraklar zamanla çevresel faktörlerin etkisi sonucu dikey ve yatay yönde değişmektedirler (Mulla and McBratney, 2001; Heuveklink ve Webster, 2001).

Topraklar farklı arazi koşullarında jeolojik ana materyal üzerine iklim, organizmalar ve zamanın etkisi sonucu oluşmaktadırlar. Topraklar her biri farklı karakteristik ve teşhis edici özelliklere sahip horizonları içermektedirler. Topraklar, bu horizonların organik madde içeriği, renk, tekstür, strüktür, pH, baz doygunluğu ve kation değişim kapasitesi gibi fiziksel ve kimyasal özellikler bakımından farklılık göstermesinden dolayı dikey yönde değişiklik göstermektedir (Trangmar et al., 1985).

Toprakların yatay yönde değişkenlik göstermesi ise arazi, iklim ve ana materyaldeki lokal değişkenlikten kaynaklanmaktadır. Toprak horizonlarındaki farklılıklar 12 temel toprak ordosu ile tanımlanabilir ve sınıflandırılabilir. Ordo seviyesinde toprak özelliklerindeki değişkenlikler genellikle geniş mesafelerde yer almaktadır. Fakat bazen toprak özellikleri tek bir ordo sınıfı içerisinde bile daha kısa mesafelerde önemli değişkenlikler göstermektedir. Bu toprak özelliklerinin değişkenlikleri ise toprak serisi olarak tanımlanıp, sınıflandırılmaktadır. Toprak serisindeki toprak özelliklerinin değişkenliği genellikle topografyadaki küçük değişkenliklerden kaynaklanmaktadır (Trangmar et al., 1985). Bu şekilde toprak özelliklerinde gözlenen değişkenlikler doğal değişkenlikler olarak belirtilmektedir. Matzdorf et al., 1975; Malo et al., 1974, Hanna et al., 1983; Malo ve Worcester, 1975 tarafından arazi eğiminden dolayı, solum derinliği, toprak tekstürü ve yapısı, yüzey ve iç drenaj, organik madde içeriği, hacim ağırlığı, doymamış hidrolik iletkenlik, bitkilerce alınabilir su, tuzluluk ve toprak verimliliği gibi özelliklerin doğal değişiklik gösteren toprak özellikleri olduğu rapor edilmiştir (Cassel et al., 1986).

Toprak özelliklerinin insan etkilerinin sonucu değiştiği gözlenmektedir. Toprak işleme, drenaj ve sulama gibi amenajman uygulamaları, bitki üretimini etkileyen bir veya birkaç

faktöre uygun olarak, araziyi yada amenajmanı daha homojen hale getirmek için yapılmaktadır. Fakat bazen insan-kaynaklı toprak değişkenliği doğal toprak değişkenliğini artırmaktadır. Örneğin, suni drenaj sistemlerinin komşu drenaj sistemleri arasında bulunan bütün topraklar için yeterli drenajı sağlayacak uzaklıkta kurulmaması durumunda ortaya çıkan zayıf drenaj ve homojen olmayan gübre veya kireç uygulaması ve makine tekerlekleri tarafından bazı sıra aralarının baskılanması gibi amenajman uygulamaları bitki gelişimini etkileyen insan kaynaklı toprak değişkenlikleridir (Cassel et al., 1986). Burden and Selim (1989), yaptıkları çalışmada toprak suyunun ve tarla kapasitesi su içeriğinin mesafeye azalmasına karşılık, hacim ağırlığının mesafeye arttığını, bunun sebebinin toprak yüzeyinin farklı baskılanması olabileceğini bildirmişlerdir. Bundan dolayı, toprak özelliklerindeki değişkenlikler toprak amenajmanında göz önüne alınması gereken en önemli bir faktördür (Erşahin ve Karaman, 2000).

Toprak araştırmalarında, genelde toprak özelliklerindeki değişimin belirlenmesi amacıyla denemeler kurulmaktadır (Webster, 1973). Bir hat (transekt) boyunca bu değişimi belirlemek için bilgiler elde edilebilmektedir. Bir transekte devamlı birbirine yakın alanlardaki toprak özelliklerinin belirlenmesi ile elde edilen veriler bu değişim modelinin belirlenmesinde kullanılabilir. Yates et al., (1988) Wang, (1982)'ın çalışmalarının değişimin gerçek mesafesini transekt yöntemi ile rasgele elde edilen bilgilerden daha iyi tahmin edebileceğini rapor etmektedirler.

Toprak bilim insanları bir toprak özelliğinin bir yerdeki bilinmeyen değerini, değerinin bulunduğu bir başka yerden tahmin etmeye ihtiyaç duymaktadır. Böyle bir enterpolasyon hem örneklenen birim içerisindeki hem de bölgeler arasındaki toprak değişkenliğinden oldukça etkilenmektedir. Toprak haritalama birimleri içerisindeki toprak özelliklerinin değişkenliği klasik istatistiksel metotlarla tanımlanabilir. Klasik istatistik örneklenen bir değişkenin ortalamasının arazinin her yerinde aynı olduğunu kabul etmektedir (Trangmar et al., 1985). İstatistiksel teorilerdeki son gelişmeler bir değişkenin örneklenen değerleri arasında uzaysal bir ilişkinin olduğunu ve bu ilişkinin sayısallaştırılabileceğini ve daha sonra bu ilişki

kullanılarak örneklenmeyen bir noktadaki değeri de tahmin etmenin mümkün olduğunu göstermektedir (Trangmar et al., 1985). Klasik istatistiksel yöntemler, örnekler arasındaki bu uzaysal ilişkiyi hesaba katmadıklarından ilgili değişkenin örneklenmeyen bir noktadaki değerini tahmin etmede yetersiz kalmaktadır (Erşahin, 1999).

Toprak özelliklerinin deneysel olarak belirlenmesi para, işgücü ve zaman gerektirmektedir. Belirli bir alanda çalışılacak olan toprakların fazla değişken olması halinde masraf daha da artmaktadır. Bu durum arazinin bazı noktalarının örneklenerek, daha sonra buradan elde edilen değerlerin kullanılarak örneklenmeyen noktalara ilişkin değerlerin tahmin edilmesini gerektirmektedir (Mulla and McBratney, 2001). İlgili değişkenlerin uzaysal değişkenliğinin bilinmesi bu amaçla tahminin daha kolay ve doğru yapılmasına olanak sağlar (Upchurch et al., 1991). Bu nedenle, toprak bilim insanları bir toprak özelliğinin bilinmeyen bir noktadaki değerini bilinen başka noktadaki değerden tahmin etmek için jeostatistiği kullanmaktadırlar.

Jeoistatistik, ölçülmüş bir özelliğın uzaysal yapısını ve uzaysal bağımlılığını sayısallaştıran ve burada elde edilen ilişkiyi kullanarak ilgili özelliğın örneklenmemiş noktadaki değerini tahmin eden uygulamalı istatistiğın bir branşıdır. Geoistatistik, uzaysal modelleme (variogram) ve uzaysal enterpolasyon (krigleme) olmak üzere iki basamaktan oluşmaktadır (Isaaks ve Srivastava, 1989; Mulla and McBratney, 2001).

Jeoistatistikteki son gelişmeler toprak özelliklerinin uzaysal bağımlılığının sayısallaştırılması ve kullanımını için yöntemler sağlamaktadır. Toprak örnekleri arasındaki uzaysal bağımlılık hem araştırmalar hem de haritalamalar arasındaki enterpolasyonda kullanılmaktadır. Böyle bir enterpolasyon sağlayan krigleme (kriging) yöntemi D. Krige tarafından geliştirilmiştir. Krigleme yöntemi minimum varyansla tarafsız olarak değişkenin değerlerini tahmin edilebilmekte ve bu değerler verilen güvenle kullanılmaktadır (Nash et al., 1988).

Jeoistatistiksel yöntemler tarımsal problemlerdeki bir değişkenliğın analizlerinde, uzayda bir parametrenin değişkenliğini tanımlayan sayısal ifadelerle karar vermede ve amenajman

kararlarında kullanılmaktadır. Örneğin, Russo (1984 a, b)'nin heterojen bir arazide tuzluluk yönetimi amacıyla jeostatistiği kullanarak bir metot geliştirdiği, Zirschky (1985), Zirschky ve Harris (1986) ve Zirschky et al., (1985)'nin zehirli atık bölgelerinin temizlenmesi için ıslah stratejilerine karar vermede jeostatistiğin kullanımını araştırdıkları rapor edilmektedir (Yates et al., 1988). Toprak özelliklerinin uzaysal değişimi ile ilgili bilgiler toprakta su ve çözelti hareketinin tahmini için de önemlidir (Skaggs et al., 2001).

Bu çalışmada amaç; Gazi Osman Paşa Üniversitesi Yerleşkesi'nde yer alan yaklaşık 3 ha genişliğindeki bir meyve bahçesinde üst toprakta (0-30 cm) toprak özelliklerinden kum, silt, kil içerikleri; hacim ağırlığı; organik madde içeriği, 0.33, 15 bardaki su kapsamı, doymuş ve doymamış hidrolik iletkenlik, pH, CaCO₃ ve toprak elektriksel iletkenliğinin jeostatistiksel yöntemler kullanarak incelenmesidir.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

2.1. Toprak özelliklerindeki değişkenlikler

Toprak özellikleri arazide yatay ve dikey yönde değişim göstermektedir. Toprak bilim insanları sadece belirli yer ve zamanlarda bu toprak değişkenliğini ölçebilmektedir. Diğer zamanlardaki ve yerlerdeki değişkenlik hakkındaki bilgiler tahmin edilmektedir. Bu tahminler ancak toprak homojen olduğunda kabul edilebilmektedir. Fakat topraktaki değişkenliğin karmaşık olması ve tam tanımlanamamasından dolayı bu tahmin edilen bilgiler belirsiz olmaktadır. Toprak bilimcileri bu belirsizliği sayısallaştırabilmekte ve değerlendirilebilmektedirler. Yani, kısmen belirleyici olan matematiksel modellerle topraklardaki bu değişkenlik gösterilebilmektedir. Toprakların değişken olmasından dolayı sınırlı sayıda toprak örneği arazinin değişimi hakkında eksik bilgi vermektedir (Heuvelink ve Webster, 2001). Ancak, toprak özelliklerinin deneysel olarak belirlenmesi para, işgücü ve zaman gerektirmektedir, ayrıca belirli bir alanda çalışılacak olan toprakların fazla değişken olması halinde masraf daha da artmaktadır. Bu durum, arazinin değişimi hakkında daha doğru bilgi için arazinin bazı noktalarının örneklenerek, daha sonra buradan elde edilen değerlerin kullanılarak örneklenmeyen noktalara ilişkin değerlerin tahmin edilmesini zorunlu kılmaktadır (Mulla and McBratney, 2001).

Toprak değişkenliğinin tanımlanması için, 1960'lar dan beri toprak sınıflandırması, toprak özelliklerinin benzerliklerini belirleyen kriterler için pek çok sınırlar belirtmektedir. Bu sınırlar toprakların tanımlanmasını düzenlemek için kullanılabilir, ancak toprak özelliklerindeki belirsizliği tanımlamayı amaçlamamaktadır. Toprak sınıflandırması toprak özelliklerindeki değişimi istatistiksel olarak ele almaktadır (Heuvelink ve Webster, 2001).

Toprak değişkenliği ya algılama yada örnekleme ile tahmin edilebilmektedir. Algılama örneklemede, herhangi bir toprak özelliğinin değeri arazinin bütün noktalarında belirlenebilmektedir. Böyle bir örnekleme genellikle uydu veya hava fotoğrafları ile yada uzaktan algılama teknikleri ile toprak verilerinin toplanmasıyla yapılabilmektedir. Örnekleme

ise toprağı tahrir eden 6rnekleme teknikleri ile 6nceden belirlenmiş noktalar dan ve derinlikten toprak 6rneklemlerinin alınmasıyla yapılmaktadır.

Yeterli sayıda toprak 6rneğı toplandığında, toprak 6zellikleri klasik istatistik teknikler kullanılarak tanımlanabilmektedir. Klasik istatistik teknikleri ile toprak 6zelliklerini tanımlamak için verilerin dağılım merkezini 6l6m6n6n ve değişiminin belirlenmesi gerekmektedir. Dağılımın merkezi ortalama, ortanca ve mod değerlerinin belirlenmesi ile 6l6lmektedir. Ortalama değer, toprak 6rneklemlerinin aritmetik ortalaması ile hesaplanmaktadır. Klasik istatistik y6ntemler, ortalamanın arazinin her yerinde aynı olduğunu ve ortalama da ki değişkenliğin tesad6fi olduğunu varsaymaktadır (Trangmar et al., 1985). Ortanca değerde, 6rnek değerlerinin yarısı ortanca değerden d6ř6k, diğer yarısı ise ortancadan y6ksek değerler almaktadır. Mod ise, en çok tekrarlanan 6rnek değerini belirtmektedir. Bu değerler birbirlerine eşit (Ortalama = ortanca = mod) olduğunda 6rnek değerler normal bir dağılım g6stermektedir. 6rnek değerlerinin ortalama değer çevresinde nasıl bir dağılım g6sterdiği, toprak 6zelliklerinin değişkenliğini g6steren standart sapma ile belirlenmektedir.

Standart sapma varyansın karek6k6n6n alınması ile hesaplanmaktadır. Varyans ise 6rnek değerlerinin ortalama dan farklarının karesinin ortalamasıdır. Varyasyon katsayısı (CV) populasyon değişkenliğinin bir g6stergesi olarak kullanılabilir. Varyasyon katsayısı y6ksek ise toprak 6zellikleri fazla değişken, d6ř6k ise az değişkendir (Mulla and McBratney, 2001). Toprak amenajmanından etkilenen 6z6lebilir fosfor, değişebilir katyonlar ve toplam s6lf6r gibi toprak 6zellikleri morfolojik, (renk, A horizonunun kalınlığı gibi) fiziksel 6zellikler (parçacık b6y6kl6ę6, hacim ağırlığı gibi) ve kimyasal 6zelliklerden (pH gibi) daha fazla değişkenlik g6stermektedir. Trangmar et al., (1985) Wilding ve Drees (1983)'ten değişebilir kalsiyum, potasyum ve magnezyum için varyasyon katsayısının %50-70 ile %160 arasında değiştiğini, Atterberg limitleri, parçacık b6y6kl6k dağılımı, hacim ağırlığı ve su içeriği için %10-53, hidrolik iletkenlik için ise %50-150 arasında değiştiğini rapor etmektedirler.

2.2. Jeostatistik

Klasik istatistiksel analizler, bir alan içerisinde örneklenen noktaların uzaysal ilişkisi hakkında herhangi bir bilgi vermemektedir. Bundan dolayı örneklenmiş bir özelliğin değişkenliğini belirtmek için yeterli olmamaktadır. Yani klasik istatistikde, örneklenmemiş bir nokta, örneklenmiş diğer noktalardan faydalanarak tahmin edildiğinde bölgesel uzaysal bağımlılığı hesaba katılmadığından dolayı yapılan tahmin taraftır ve optimal değildir (Mulla and McBratney, 2001). İstatistiksel teorilerdeki son gelişmeler, bir noktanın değerini başka bir noktadan tahmin etmeyi (enterpolasyonu) optimal ve tarafsız olarak mümkün kılmaktadır. Wang (1982)'ın çalışmaları bir transekt boyunca elde edilen toprak bilgilerinin tarafsız olarak tahmin edilebildiğini göstermektedir. Bundan dolayı bu bilgilerin toprak değişkenliğinin gerçek mesafesini araziden rasgele olarak alınan bilgilerden daha iyi tahmin ettiğini belirtmiştir (Nash et al., 1988).

Ölçülmüş örneklerin uzaysal bağımlılığına bağlı olan enterpolasyon ilk kez D.G.Krige (1951-1969) tarafından Güney Afrika'daki maden endüstrisinde maden cevherindeki altın miktarını tahmin etmek için kullanmıştır. Maden içeriği ve ekonomik değeri bakımından bölgesel değişkenliği göz önünde bulunduran enterpolasyon yöntemleri, yüksek fiyatla örneklenen mineral depozitlerini minimum fiyatla örnekleyebilmek için optimum örnek yerlerinin bulunmasını sağlamaktadır. D.G. Krige'nin bu pratik yöntemlerini Matheron bölgeselleştirilmiş değişkenler teorisinde geliştirmiş ve genelleştirmiştir. Bu teori, uzaysal olarak bağımlı değişkenlerin analizi ve örneklenmemiş noktaların tahmini için temel yöntemleri düzenlemektedir. Bu yöntemler ise Jeostatistik olarak adlandırılmaktadır (Trangmar et al., 1988).

2.3. Bölgeselleştirilmiş Değişkenler Teorisi

Bir arazideki toprak özellikleri rasgele değişkenlik gösterdiğinde bu değişkenlik, bütün araziye temsil edecek ortalama ve varyans gibi klasik istatistiksel parametreler ile tanımlanabilmektedir. Ancak arazi üzerindeki x gibi bir lokasyon 1, 2 veya 3 boyutlu uzayda

bir noktayı belirtmektedir ve her hangi bir toprak özelliği için bu noktanın Z gibi bir değeri bulunmaktadır. Bundan dolayı, arazi üzerindeki $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ gibi her bir nokta $Z(x_1), Z(x_2), Z(x_3), \dots, Z(x_n)$ gibi farklı değerlere sahiptir ve bu jeostatistiğin mantığını oluşturan bölgeselleştirilmiş değişkenlik olarak tanımlanmaktadır. Bir arazi üzerindeki bütün noktaların $Z(x)$ değerleri dikkate alındığında bölgeselleştirilmiş değişkenlik, rasgele değişkenliğin sonsuz veri setinin bir üyesi olmaktadır (Trangmar et al., 1986; Warrick et al., 1986).

2.4. Otokorelasyon

Vieira ve ark (1981) otokorelasyonun, uzaysal bir özelliğe ait bir nokta ile aynı özelliğin uzak mesafedeki bir başka nokta arasındaki linear ilişki olduğunu belirtmektedirler (Trangmar et al., 1986). Eğer iki nokta arasında (x) ile ($x+h$) arasında ilişki çok yüksek ise bir nokta diğer noktadan bağımsız değildir. Otokorelasyon aşağıdaki eşitlikle ifade edilmektedir.

$$r(h) = C(h)/S^2 \quad (1)$$

Eşitlik 1'de,

$r(h)$: Bir lag veya ayırma mesafesindeki örnekler arasındaki otokorelasyon

$C(h)$: Uzaysal Covaryans ($Z(x)$ ile $Z(x+h)$ için)

S^2 : Örnek varyansı'dır.

Otokorelasyon değerleri ($r(h)$) lag değerlerine (h) karşı grafiklendiğinde $h=0$ mesafesinde $r(h)=1$ değerini alır ve h değerleri artarken $r(h)$ değerleri azalmaktadır. Artık $r(h)$ değerlerinin artmadığı mesafe (a) ise uzaysal olarak bağımlı değişken örneklerin mesafesidir (Trangmar et al., 1986). Eğer iki nokta birbirine yakın ise, birbirine uzak olan iki noktadan muhtemelen daha fazla benzer değerlere sahiptirler. Bir kontur yada posting haritasına bakıldığında, değerlerin rasgele olarak yerleşmediği, düşük değerlerin diğer düşük değerlerin

yanında olma eğilimi, yüksek değerlerin ise diğer yüksek değerlerin yanında olma eğilimi gösterdikleri görülmektedir (Isaaks ve Srivastava, 1986).

Çoğu yerbilimindeki verilerde uzaysal bağımlılık bulunmaktadır. Otokorelasyon arazide ölçülmüş toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliklerini ve komşu noktalar arasındaki bağımlılığın derecesini ifade etmek için kullanılmaktadır (Vieira et all 1981). Bu bilgiler uzaysal ilişkili olan araştırmalar için maksimum örnekleme mesafesini belirtmekte ve toprak örnekleme şeklini belirleyebilmektedir (Trangmar et al., 1987).

2.5. Semivariogram

Uzaysal bağımlılık semivariogram kullanılarak sayısallaştırılabilir ve modellenabilir. Semivariogram,

$$\gamma = 1/2 N(h) \sum [Z_x - Z_{x+h}]^2 \quad (2) \quad \text{eşitliği ile belirlenmektedir.}$$

Eşitlik 2’de,

h: x ile x+h arasındaki ayırma mesafesi (lag)

Z_x ile Z_{x+h} : x ile x+h bölgelerindeki bölgeselleştirilmiş değişkenlerin ölçülmüş değerleri

$N(h)$: h ayırma mesafesindeki çift sayısını belirtmektedir.

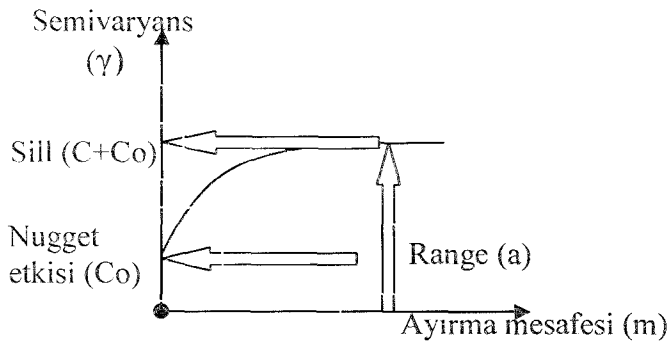
Ayırma mesafeleri, örnekleme desenindeki iki nokta arasındaki uzaklığı ifade etmektedir ve jeostatistik dilinde lag olarak adlandırılmaktadır. Laglar 1, 2, 3, gibi değerler alır ve örneklenen iki nokta (çift) arasındaki mesafeyi (30, 60, 90 gibi) göstermektedir (Mulla and Mc Bratney, 2001).

Semivariogram yöne bağlı olmadan ortalanıyorsa isotropik veya omnidirectional semivariogramdır. Belirtilen bir ayırma mesafesindeki çiftler belirli bir yönde ise elde edilen semivariogram anisotropik yani yönsel semivariogram olarak adlandırılır. İki tip anisotropik semivariogram vardır (Webster ve Oliver, 1990). Şayet sill yöne bağlı olarak değişiyorsa

zonal anisotropik semivariogram, range yöne bağlı olarak değişiyorsa geometrik anisotropik semivariogramdır (Mulla and McBratney, 2001).

Semivariogram daha sonra anlatılacak olan krigleme ile bölgesel tahmin için ihtiyaç duyulan parametrelerin belirlenmesi sağlamaktadır. Bu parametreler; sill, range ve nuggetdir (Şekil 2.1). Semivariogramda, lag değeri arttıkça semivaryans değeri de artmaktadır ve bir noktadan sonra sabit bir değere ulaşmaktadır. Bu değer sill olarak tanımlanmaktadır. Bu sill değerine karşılık gelen mesafe ise range (a) olarak tanımlanmaktadır ve uzaysal bağımlılığın mesafesini belirtmektedir. Range değerinden daha büyük ayırma mesafesinde örnekler artık uzaysal olarak ilişkili değildir.

Eğer bir bölgede bir toprak özelliğinin uzaysal modelini anlamak için örnekleme yapılıyorsa, örnekleme deseninde, örnekler arası mesafe semivariogramın range parametresi değerinden daha kısa olarak oluşturulmalıdır. Eğer örnekler range'den daha büyük ayırma mesafesiyle alınıyorsa, bu durumda örnek alınan noktalar arasında uzaysal bağımlılık olmayacaktır. Böyle bir durum jeostatistik kullanımına uygun olmamaktadır (Mulla and McBratney, 2001). Mulla ve Mc Bratney, (2001)'in bildirdiklerine göre en uygun örnekleme mesafesi range'in $\frac{1}{4}$ 'ünden $\frac{1}{2}$ 'sine kadar olması tercih edilmektedir (Flatman and Yfantis, 1984). Jury (1986), Warrick et al., (1986), Wollenhaupt et al., (1997) ve McBratney ve Pringle (1997) tarafından belirtilen bazı toprak özelliklerine ait range değerleri Tablo 2.1'de görülmektedir (Mulla and McBratney, 2001).



Şekil 2.1. Tipik bir semivariograma ilişkin parametreler

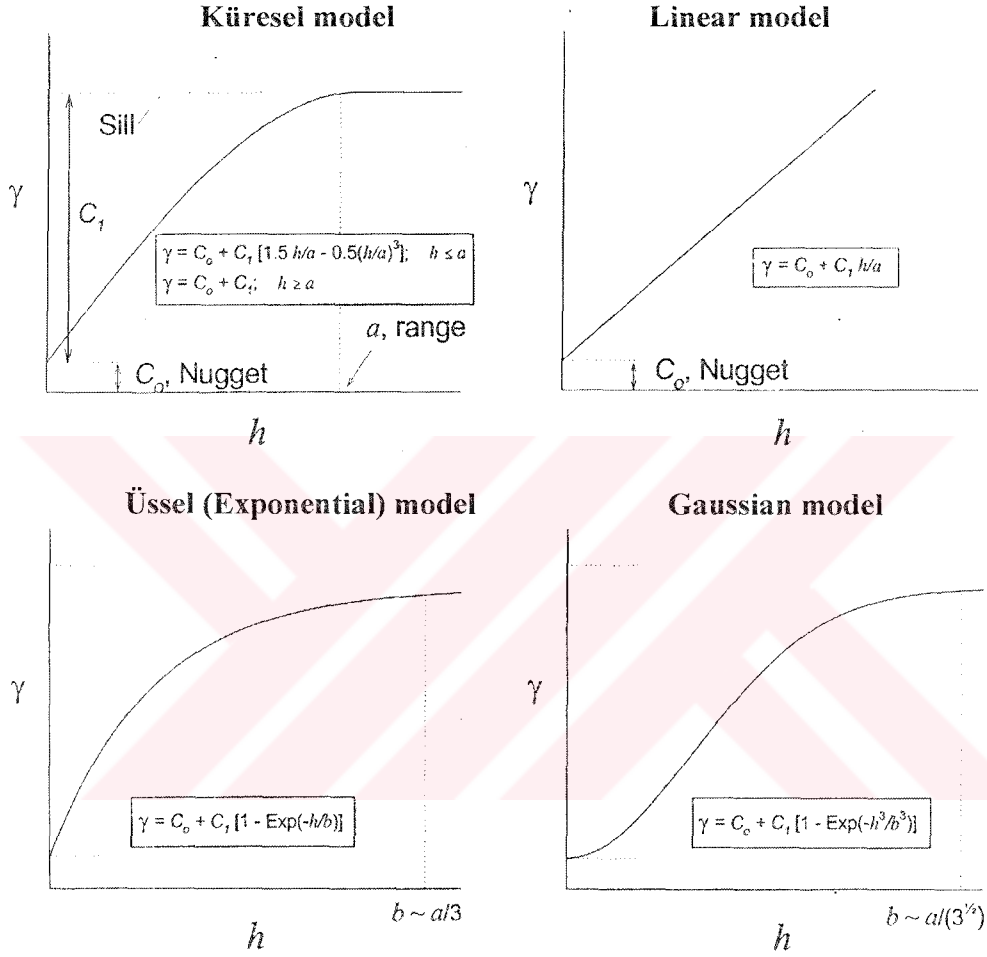
Tablo 2.1. Bazı toprak özelliklerine ilişkin range değerleri ve uzaysal bağımlılığı (Mulla ve Mc Bratney, 2001)

Toprak özelliği	Range (m)	Uzaysal bağımlılık
Doymuş hidrolik iletkenlik	1-34	Kısa mesafe
% Kum	5-40	Kısa mesafe
Doymuş su içeriği	14-79	Kısa-orta mesafe
Toprak pH'sı	20-260	Kısa-uzun mesafe
Bitki verimi	70-700	Orta-uzun mesafe
Toprak nitrat içeriği	40-275	Orta-uzun mesafe
Toprak alınabilir K	75-428	Orta-uzun mesafe
Toprak alınabilir P	68-260	Orta-uzun mesafe
Organik madde içeriği	112-250	Uzun mesafe

Nugget etkisi; örnekleme, ölçüm ve diğer beklenmedik varyans kaynaklarından dolayı ortaya çıkan varyans miktarının ölçümünü vermektedir (Mulla and McBratney, 2001). İdeal bir semivariogram $lag=0$ iken orijinden geçmektedir. Fakat örnekleme ölçümünde belirtilmeyen özelliklerin mikro değişimi veya ölçüm hatasından dolayı sıfır olamayan semivaryans değeri nugget etkisi olarak adlandırılmaktadır.

Deneyisel semivariogram Gaussian model, exponential model, küresel model ve linear modellerden birisi, veya bu modellerin bir kombinasyonu ile ifade edilebilir (Şekil 2.2). Eğer semivariogram bir platoya (sill'e) ulaşıyorsa bağlantı modelleri en uygun modellerdir. Orijine yakın yerdeki semivaryansın davranışına göre 3 tip bağlantı modeli vardır. Eğer orijin yakınında semivaryans parabolik davranıyorsa Gaussian model, orijin yakınında linear davranıyorsa küresel model yada üssel (exponential) model en uygun model olmaktadır. Sill değeri range'in $1/5$ 'i ile kesişiyorsa muhtemelen exponential model küresel modelden daha uygun uyum (fit) sağlayacaktır. Sill değeri range'in $2/3$ 'ü ile kesişiyorsa küresel model daha

uygun uyum sağlayacaktır. Eğer semivaryans bir platoya ulaşmıyorsa linear model en uygun model olmaktadır (Isaaks ve Srivastava, 1989).



Şekil 2.2. Yaygın olarak kullanılan semivariogram modelleri

2.6. Krigleme

Krigleme, semivariogramın yapısal özelliklerini ve örneklenmiş noktaları kullanarak örnek alınmamış lokasyonlardaki bölgeselleştirilmiş değişkeni optimum ve tarafsız olarak

tahmin eden bir tekniktir (Trangmar et al., 1986). Krigleme diğer linear enterpolasyon metotlarından daha tarafsız tahmin sağlamaktadır. Çünkü, enterpolasyon veya krigleme edilmiş değerler, tahmin edilen değer in varyansını minimum yapan eşitlikten hesaplanmaktadır (Mulla and McBrantney, 2001). Kriglemede bilinmeyen bir lokasyon;

$$Z_0 = \sum Z_i \times W \quad (3) \text{ eşitliği ile tahmin edilebilmektedir.}$$

Eşitlik 3'de,

Z_0 : tahmin edilen değer, Z_i : ölçülmüş değer, W : ağırlıktır.

Ağırlık (W);

$D = C \times W$ (4) bağlantısı ile hesaplanmaktadır.

Eşitlik 4'de,

D: Veri noktaları ile örneklenmeyen nokta arasında tahmin edilen semivariogram değerleri

C: Veri noktaları arasındaki variogramdır.

Krigleme ağırlığını hesaplamak için, uzaysal bağımlılığın özelliğine (semivariogram parametrelerine) ve modeline karar verilmelidir. Jeostatistik variogram kullanarak uzaysal bağımlılığı belirlerken, covaryans kullanarak krigleme yapılabilmektedir. Covaryans;

$$\tilde{C}(h) = \begin{cases} C_0 + C_1 \dots \dots \dots |h| = 0 \\ C_1 \exp\left(\frac{-3|h|}{a}\right) \dots \dots \dots |h| > 0 \end{cases} \quad (5)$$

Eşitliği ile hesaplanmaktadır. Eşitlik 5'de,

$\tilde{C}(h)$: covaryans,

$C_0 + C_1$: sill,

a : range,

C_0 : nugget etkisi,

h : ayırma mesafesi'dir Eşitlik (5) kullanılarak **C** ve **D** matrisleri oluşturulmaktadır (Isaaks ve Srivastava, 1989).

Farklı uzaysal değişkenlik koşulları ve değişik amaçlar için kullanılmak üzere farklı krigleme şekilleri geliştirilmiştir. Değişkenin tek bir noktadaki değerinin tahmin edilmesinde Ordinary krigleme metodu, belirli bir alana ait değerlerin tahmin edilmesinde Blok krigleme metodu veriler lognormal dağılım gösterdiğinde Disjunctive krigleme metodu, verilerde bir trend olduğunda Universal krigleme metodu, belirli bir sınır değerler üzerinde veya altında kalan değerler olduğunda ise İndikatör krigleme metodu kullanılmaktadır (Akbaş, 2004).

2.7. Ortak- Krigleme (Co-kriging)

Ortak-krigleme iki değişkene ilişkin uzaysal değişim bilgisini kullanan bir enterpolasyon tekniğidir. Herhangi bir özelliğin uzaysal dağılımı benzer uzaysal olaylar tarafından etkilenmiş bir başka özellikle çok yakın ilişkili olabilir. Böyle özellikler ortak - bölgeselleştirilmiş veya biri diğerine uzaysal olarak bağımlı özellikler olarak adlandırılmaktadır. Ortak-krigleme böyle uzaysal olarak ilişkili iki özelliğin uzaysal değişim bilgisini kullanarak özelliklerden birinin uzaysal yapısının tahminini sağlamaktadır. Ortak-krigleme genellikle ölçümü zor ve pahalı olan bir özelliğin değerini tahmin etmek amacıyla kullanılmaktadır (Vieira ve ark; 1981; Trangmar et al., 1986; Isaaks ve Srivastava; 1989; Mulla and McBratney, 2001).

Ortak-krigleme teknikleri, yoğun örneklenmiş bir özelliğin uzaysal bağımlılığını kullanarak daha seyrek örneklenmiş bir özelliğin uzaysal bağımlılığını tahmin ederken, her iki özelliğin semivariogram modellerine [$\gamma_1(h)$ ve $\gamma_2(h)$] ve bu özellikler arasındaki uzaysal bağımlılığı tanımlayan çapraz-semivariogram modeline [$\gamma_{12}(h)$] ihtiyaç duymaktadır. Çapraz-semivariogram aşağıda belirtilen eşitlikten hesaplanmaktadır (Mulla and McBratney, 2001).

$$\gamma_{12} = 1/2 N(h) \sum [Z_{1x} - Z_{1x+h}] [Z_{2x} - Z_{2x+h}] \quad (6)$$

Eşitlik 6'da

γ_{12} : çapraz semivariogram,

$N(h)$: h ayırma mesafesindeki çift sayısı,

h : x ile $x+h$ arasındaki ayırma mesafesi, (lag)

Z_{1x} ve Z_{1x+h} : Birinci özelliğin x ve $x+h$ bölgelerindeki ölçüm değerleri,

Z_{2x} ve Z_{2x+h} : İkinci özelliğin x ve $x+h$ bölgelerindeki ölçüm değerlerini

belirtmektedir.

Ortak-krigleme, krigleme gibi her iki özelliğe ait ağırlık parametresini kullanarak daha seyrek örneklenmiş özelliğin örnek alınmamış noktalardaki değerlerini aşağıda verilen eşitlikle tahmin edebilmektedir.

$$Z_{1(0)} = \sum Z_{1x} \times W_{1x} + \sum Z_{2y} \times W_{2y} \quad (7)$$

Eşitlik 7'de,

$Z_{1(0)}$: birinci değişkene ait tahmin edilen değer,

Z_{1x} : birinci değişkenin x bölgesindeki ölçülmüş değeri,

W_{1x} : birinci değişkenin x bölgesindeki ağırlığı,

Z_{2y} : ikinci değişkenin y bölgesindeki ölçülmüş değeri,

W_{2y} : ikinci değişkenin y bölgesindeki ağırlığıdır.

Ortak-Krigleme point krigleme veya blok krigleme için kullanılabilir. Ortak krigleme sistemleri tahmin yapılacak bölgede hem birinci özelliğe ait hem de ikinci özelliğe ait en az bir ölçülmüş değere ihtiyaç duymaktadır. Eğer birinci ve ikinci özelliğe ait bütün örnekleme yerleri aynı ise, ortak-krigleme ile elde edilen tahminlerle birinci özelliğe ait krigleme ile elde edilen tahminler aynı olacağından bu durumda ortak-kriglemeye ihtiyaç duyulmayacaktır.

2.7. Çapraz Değerlendirme

Çapraz değerlendirme ölçülen değerler ile bu ölçülen değerlerin krigleme ile tahmin edilmesiyle bulunan değerleri arasındaki ilişkiyi vermektedir. Çapraz değerlendirme farklı

ağırlıklı uygulamalar arasında, farklı araştırma stratejileri hakkında veya farklı variogram modelleri arasında seçim yapma şansı tanımaktadır. Ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki karşılaştırma bize tahminin doğruluğu hakkında fikir vermektedir. Çapraz değerlendirme sonucu ölçülen değerler ile tahmini değerlerin farkı hatayı vermektedir. Çapraz değerlendirme hataları önemli uzaysal bilgiler içermektedir. Çapraz değerlendirme sonucu bulunan hatalarının başarılı bir uzaysal dağılım çalışması, tahmin uygulamalarının son aşamasında tahminlerin zayıf kaldığı bölgeler hakkında fikir vermektedir. Böyle bir fikir özel durum geliştirilmesini mümkün kılmaktadır. Çapraz değerlendirme, son tahmin hesapları yapılmadan önce hazırlık adımı olarak kullanılmaktadır (Isaaks ve Srivastava, 1989).

Çapraz değerlendirme uygulamalarında, tahmin metodu gerçek örneklerin lokasyonlarında test edilmektedir. Bilinen bir lokasyondaki örnek değer, örnek veri setinden yok sayılır. Aynı lokasyondaki değer geri kalan örnek değerler kullanılarak tahmin edilir. Daha sonra örnek setinden ilk uzaklaştırılan değer ile ölçülen değeri karşılaştırılabilir. Bu uygulama bütün örnek değerleri için yapılmaktadır. Ölçülen değer ile tahmini değerlerin sonuçları klasik istatistik yöntemler kullanılarak karşılaştırılabilir. Hataların ortalaması sıfır ve varyansı 1'e eşit olmalıdır. Yani hatalar normal dağılım göstermelidir. Hata kareler ortalaması ne kadar düşük ise tahminin o derece başarılı olduğu kabul edilir (Isaaks ve Srivastava, 1989).

Çapraz değerlendirme sonucunda ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki korelasyon katsayısının yapılan tahminin başarısının bir ölçüsüdür. Korelasyon katsayısı ne kadar yüksek olursa yapılan tahmin o kadar geçerli olmaktadır (Trangmar et al., 1986).

2.9. Toprak Özelliklerinin Uzaysal Değişkenliği

Hidrolik iletkenlik toprak-su ilişkisini tanımlayan önemli bir toprak fiziksel özelliğidir. Hidrolik iletkenlik topraklarda akış sürecinin ve çözelti taşınmasının modellenmesinde ve su yönetiminin belirlenmesinde önemli anlayışlar sağlamıştır (Minasny and McBratney, 2002)

Toprağın hidrolik özelliği genellikle çok değişkendir. Bundan dolayı gerçek arazi koşullarını belirleyebilmek için çok sayıda örneğe ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak, bu örneklerde hidrolik iletkenliğin direkt belirlenmesi zaman alıcı, pahalı ve zordur. Bu sebeple arazide ve laboratuarda rutin olarak ölçülebilen toprak özelliklerinden bu özelliği dolaylı olarak tahmin edilebilmek için pek çok metod geliştirilmiştir (Minasyn ve McBrantney, 2001).

Sobieraj ve ark (2002) tropikal yağmur ormanları katena boyunca yüksek kil içeriği bulunan bir transekt boyunca 20, 30, 50 ve 90 cm derinliklerinde doymuş hidrolik iletkenliği (K_{sat}) ölçmüşlerdir. Yaptıkları çalışma sonuçlarına göre K_{sat} için 25 m den daha fazla mesafede uzaysal yapının görünmediğini bulmuşlardır.

Toprak suyunun içeriği ile ilgili bilgiler hidrolojik döngü, bitki gelişimi ve stresi, topraklara uygulanacak suyun miktarının belirlenmesi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Toprakların 0, 0.33 ve 15 bardaki su içeriğinin bilinmesi hidrolik çalışmalarda önem kazanmaktadır (Erşahin, 2001).

Kök bölgesinde farklı basınçlardaki nemin uzaysal olarak değişiminin bilinmesi, her hangi bir yağış veya sulama sonrası bitkinin kökleriyle topraktan alabildiği besin elementlerinin, evaporasyonun, derine sızıntının ve suda çözülmüş maddelerin toprak profilinde akışının arazi boyunca nasıl değişkenlik gösterdiğinin daha iyi anlaşılmasına olanak sağlar. Burden ve Selim (1989) toprak nemini 0.005, 0.01, 0.03, 0.1 ve 1.5 MPa gibi farklı basınçlarda incelemişler ve basınç miktarı arttıkça toprak nemi için varyasyon katsayısının (CV) arttığını belirtmişlerdir Gajem et al (1981) 0.01 MPa ve 1.5 MPa'da toprak suyunun içeriğinin ve parçacık büyüklük dağılımının uzaysal yapısını semivariogram ve otokorelasyon kullanarak bir hat boyunca 20, 200 ve 2000 cm aralıklarla belirlemişlerdir. Uzun mesafelerde değişimin yüksek varyasyon katsayısını (CV), kısa mesafelerde ise değişimin düşük varyasyon katsayısını ve değişkenlerin arazi boyunca ilişkili olduğunu bulmuşlardır.

Cheng, (2002) bir alana 0-0.2, 0-0.4, 0-0.6 ve 0-0.8 m derinliklerine farklı oranlarda su uygulayarak yaptığı çalışmada farklı derinliklerde toprak suyu akışları arasında uzaysal

benzerliğin sürekli olmadığını ve bundan dolayı da her bir derinlik için farklı akış yolu olduğunu belirtmiştir.

Mallant ve arkadaşları (1996) katmanlı bir toprakta toprak hidrolik özelliklerinin uzaysal dağılımını geleneksel istatistik ve jeostatistik teknikler kullanarak araştırmışlardır. Yaptıkları analizlere göre, doymuş hidrolik iletkenlik için varyasyon katsayısının yüksek olduğunu ve arazi boyunca çok fazla değişkenlik gösterdiğini, doymuş su içeriği için varyasyon katsayısının düşük ve arazi boyunca az değişkenlik gösterdiği sonucuna varmışlardır. Ayrıca hidrolik özellikler için uzaysal bağımlılığın arazide 4-7 m arasında önemli değişkenlikler gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu gibi hidrolik özelliklerin istatistiksel ve uzaysal dağılımının hesaplanması toprak suyu akışı ve kimyasal taşınmanın modellenmesi için temeldir.

Toprakta suyun tutulması ve hareketi toprak tekstürü tarafından kontrol edilmektedir. Örneğin killi topraklarda su daha kuvvetli tutulurken kumlu topraklarda daha zayıf tutulmaktadır. Diğer taraftan kumlu topraklarda doygunluktaki su hareketi daha hızlıdır. Su hareketini etkileyen fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin uzaysal değişimi toprak ve bitki yönetiminden etkilenmektedir. Trangmar ve ark (1987) fiziksel ve kimyasal özelliklerin uzaysal değişkenliklerini belirlemek için yaptıkları çalışmada kum (%)'un 3.7 m, kil (%)'in 3.9 m, pH'ın 4.1 m ve organik maddenin 7 m mesafede uzaysal değişkenlik gösterdiğini bulmuşlardır.

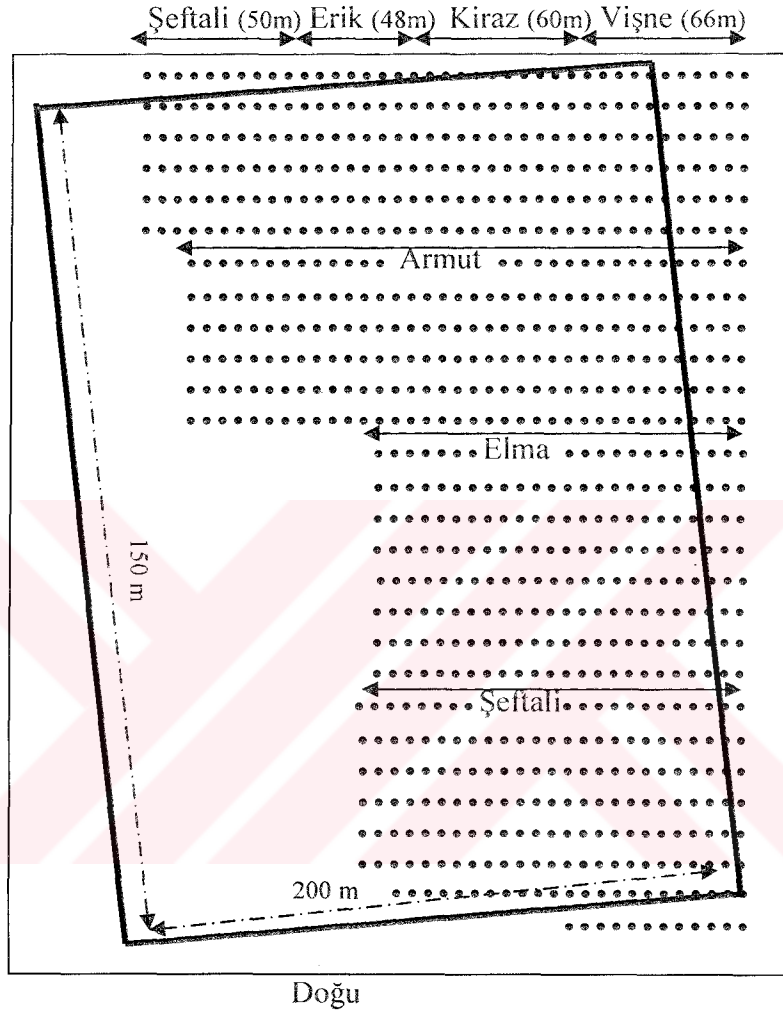
MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1.MATERYAL

3.1.1. Araştırma Alanı

Araştırma Tokat-Kazova bölgesinde Gaziosmanpaşa Üniversitesi Taşlıçiftlik Kampüsü Meyve Bahçesinde yürütülmüştür. 1996'da kurulan bu meyve bahçesinde şeftali, erik, kiraz, vişne, armut ve elma gibi sert ve yumuşak çekirdekli meyve ağaçları bulunmaktadır. Meyve ağaçları belirli bir plana göre araziye dikilmiştir (Şekil 3.1). Ancak plana göre dikilen şeftali ağaçlarının bir kısmı zamanla kurumuş ve sökülüştür. Bundan dolayı bahçenin bu bölümündeki şeftali ağacı sayısı ile dikim planında belirtilen sayıda farklılık gözlenmektedir. Arazi her yıl yabancı ot yoğunluğuna bağlı olarak bir veya iki defa traktör ile sürülmektedir.

Araştırma alanında yıllık ortalama yağış 364 mm, ortalama sıcaklık 12 °C ve ortalama nispi nem %62.4'dür. Alanın enlemi 40.18 N, boylamı 36.34 E, rakımı ise 585 m'dir (Anonim, 2003). Alanda meyve ağaçlarının bulunduğu bölge alüviyal bir arazi olup 0-2 düz ve düze yakın eğim göstermektedir. Fakat arazinin kuzey-batı köşesinde yaklaşık 40m²lik bir alanda 2-6 eğimli geçiş bölgesi bulunmaktadır. Bu kısımdaki topraklar eğimli arazilerden gelen kolüvyal materyal ve alüviyal materyal karışımıdır. Alan toprakları ochric epipedon dışında hiçbir pedojenik gelişme göstermeyen genç topraklar olmaları nedeniyle entisol ordosunda, genç erozyon yüzeylerinde oluştuklarından orthent alt ordosunda ve ustic nem rejimine sahip olmaları nedeniyle ustorthent büyük grubunda sınıflandırılmıştır. Farklı hiçbir özelliklerinin bulunmaması nedeniyle typic ustorthent alt grubuna girmişlerdir (Durak ve Taşova, 1993).



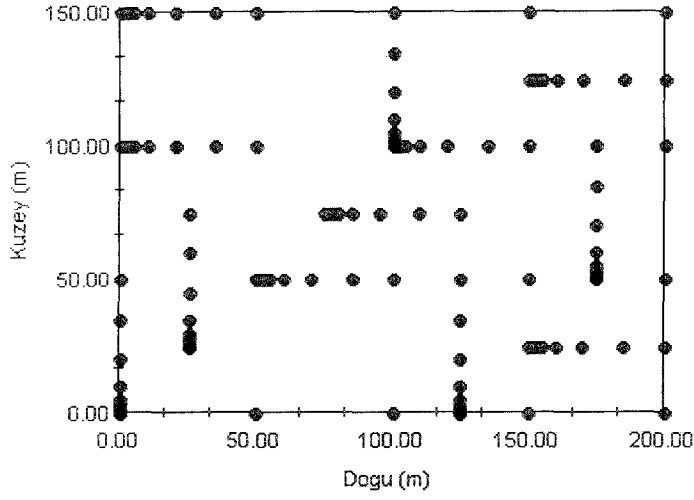
Şekil 3.1. Meyve bahçesinin dikim planı ve bahçe üzerindeki örnekleme alanı
Plan üzerindeki her bir nokta bir meyve ağacını, kalın çizgiler ise örnekleme alanının sınırlarını göstermektedir.

3.2. YÖNTEMLER

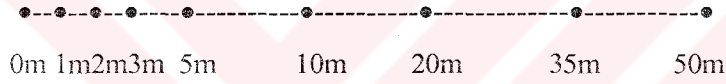
3.2.1. Örnekleme Planı ve Toprak Örneklerinin Alınması

Örnekleme, meyve bahçesi içerisinde doğu-batı yönünde 200 m ve kuzey-güney yönünde 150m olarak belirlenen örnekleme alanında yapılmıştır (Şekil3.1). Örnekleme alanından alınan toprakların koordinatlarını belirten örnekleme planı şekil 3.2’de detaylı olarak verilmiştir.

Araştırma sahasında 3 ha genişliğindeki bu arazi 50x50 m düzenli ızgaralara ayrılarak her ızgara üzerinde 0-30 cm derinliğinden birer toprak örneği alınmıştır. Ayrıca, semivariogramların kısa mesafelerdeki davranışların daha hassas belirlenmesi için gelişigüzel seçilen beş adet kuzey-güney yönünde ve yedi adet doğu-batı yönünde 50’şer metrelik transektler üzerinde 1, 2, 3, 5, 10, 20, 35 ve 50 m aralıklarla toprak örnekleri alınmıştır (Şekil 3.2.). Bu durumda, ızgaralar ve ara transektler üzerinden alınan toplam örnek sayısı 116’dır. Toprak örneklerinin laboratuarda kurutulmasının daha kolay olması için, toprak örnekleri örnekleme esnasında 2 mm’lik elekten geçirilerek alınmıştır. Ayrıca, toprakların hacim ağırlığını belirlemek amacıyla, aynı noktalardan 100 cm³’lük hacim silindirleri ile bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır.



(a)



(b)

Şekil 3.2. Arazinin örnekleme planı(a) ve bir transekt üzerindeki örnekleme aralıkları (b)

3.2.2 Laboratuvar Analizleri

3.2.2.1. Fiziksel Analizler

Laboratuvarda yapılan fiziksel analizlerden toprağın tekstür bileşenleri ((%) kum, silt, kil) Bouyocous (1951)'un hidrometre yöntemine göre belirlenmiştir. Tarla kapasitesi su içeriği, laboratuvarda basınçlı plakalar düzeneğinde toprağın 1/3 atmosfer basınç altında tutabildiği su miktarı, solma noktası su içeriği, 15 atmosfer basınç altında tutabildiği su miktarı olarak belirlenmiştir (Klute, 1986). Yarayışlı su içeriği ise tarla kapasitesi su içeriği değerinden solma noktası su içeriği değeri çıkartılarak bulunmuştur.

Doymuş hidrolik iletkenlik, Klute ve Dirksen (1986)'ın belirttikleri yöntemle yapılmıştır. Bu analiz için, 2mm'lik elekten eilenmiş topraklar yarıçapı 3.5cm, yüksekliği 7cm ve alt kısmı geçirgen bir kumaşla kapatılmış olan çelik silindirlere yerleştirildi. Topraklarda

paketlenmeyi sağlayabilmek için önce silindir yarısına kadar toprakla doldurulup yaklaşık 30 kere düz bir zemine vurulmuştur, sonra silindirin diğer yarısı aynı toprakla doldurulup tekrar 30 kere aynı zemine vurulmuştur. Toprak dolu silindirler geniş ve derin bir kovaya yerleştirilmiştir. Toprakların alttan su ile doygunluğunu sağlayabilmek için kovaya yavaş yavaş saf su konulmuştur. Su seviyesinin silindirlerin üst sınırını geçmemesine dikkat edilmiştir. Yüzeyden buharlaşmayı önlemek için kovanın üzeri naylon bir örtü ile kapatılıp toprakların en az 12 saat su ile doygunluğu sağlanmıştır. Silindirler kovadan çıkartılıp kumaşla kapalı olan kısımları alta gelecek şekilde hidrolik iletkenlik düzeneğine yerleştirilmiştir. Toprak kolonu üzerlerinde 3.5cm su yükü oluşturulduktan sonra toprağa giren suyun debisi ile toprak kolonunu terk eden suyun debisi eşit olana kadar yani dengeye gelene kadar toprak kolonunu terk eden su, bir ölçü silindirinde toplanmıştır. Dengeye geldiğini anlamak için sık sık 1'er dakikalık süre içinde toprak kolonunu terk eden suyun miktarı ölçülmüştür. Son üç ölçümün sonucunda ölçülen su miktarı eşit olduğunda dengeye gelmiş olduğu kabul edilip 1 dakikada kolonu terk eden suyun miktarı (Q) not edilmiştir. Her bir toprağın doygun hidrolik iletkenliği Darcy eşitliği ile belirlenmiştir.

$$Q = K A (\Delta H / \Delta L) \text{ cm/sn} \quad (1)$$

Eşitlik 1'de

Q: Birim zamanda kolonu terk eden su miktarı (cm³/sn)

K: Kolonun hidrolik iletkenliği (cm/sn)

A: Kolonun yüzey alanı (cm²)

ΔH : Toplam hidrolik yükteki değişim (cm)

ΔL : Kolonun derinliğindeki değişim (cm)'dir.

Hacim ağırlığı, silindir metoduna göre (Blake ve Hartge, 1986) hesaplanmıştır. Toplam gözeneklilik ise $f = 1 - (\rho_b / \rho_s)$ formülü ile hesaplanmıştır.

Formülde;

f: Gözeneklilik,

ρ_b : Toprağın kuru hacim ağırlığı (g cm^{-3}),

ρ_s : Toprağın yoğunluğu (g cm^{-3})'dür.

3.2.2.2. Kimyasal Analizler

Kimyasal analizlerden Organik madde Walkey-Black yöntemine göre yapılmıştır (Kaçar, 1997). pH, 1:2,5 luk toprak-su karışımında pH-metre ile ölçülmüştür. Elektrik iletkenliği (EC), 1:2,5 luk toprak-su karışımında EC-metre ile ölçülmüş, kireç miktarı ise Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir (Kaçar, 1997).

3.2.3. Sonuçların Analizleri

3.2.3.1. Tanımsal İstatistik ve Jeostatistik Analizler

Toprağın fiziksel özelliklerinden kil (%), silt (%), kum (%), doymuş hidrolik iletkenlik (K_{sat} cm/h), hacim ağırlığı (HA), gözeneklilik (f), tarla kapasitesi (TK), solma noktası (SN), bitkiye yararlı su içeriği (BYS) ve kimyasal özelliklerinden organik madde (OM (%)), pH, EC ve CaCO_3 (%) miktarı olmak üzere toplam 13 değişkenin tanımsal istatistikleri ve değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları bilgisayarda GS^+ paket programı ve Excel programı kullanılarak hesaplanmıştır.

Toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliğinin belirlenmesinde ise GS^+ paket programı kullanılmıştır (Robertson, 2001). Toprak özelliklerine ilişkin semivariogram ve uygun bağlantı modeli (Gaussian, Küresel, Üssel, vb) hesaplanmıştır. Değişkenlere ait en uygun semivariogram ve model hesaplanırken regresyon katsayısını (r^2) en yüksek, hata kareler toplamını (RSS) en düşük yapan aktif lag mesafesi, uniform veya uniform olmayan lag sınıfları belirlenmiştir. Hesaplanan her semivariogram sonrasında çapraz değerlendirme yapılarak ölçülen değer ile tahmin edilen değer arasındaki ilişkinin derecesine bakılmıştır.

Çapraz değerlendirme sonucunda korelasyon katsayısı (r) değeri %70'in altında olan değişkenlerde daha iyi semivariogram oluşturabilmek için lag aralığı veya lag sayısında

ayarlamaya gidilmiştir. Lag aralığı veya lag sayısının sonuç vermediği durumlarda ise uyumu bozan uç değerlerin atılması yoluna gidilmiştir. Uygun bağlantı modelleri kullanılarak her bir toprak özelliğine ilişkin nugget, sill, range gibi semivariogram parametreleri saptanmıştır. Semivariogram parametreleri kullanılarak krigleme ile nokta veya blok tahmini yapılmıştır. Krigleme sonucuna göre her bir toprak özelliğinin uzaysal yapısı ve tahmin edilen değerlerin standart sapması haritanmıştır. Ayrıca toprak özelliklerine ait yüzey haritaları Surfer⁸ (Demo Version) paket programında yapılarak iki harita birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

Krigleme ile elde edilen sonuçlar çapraz değerlendirmeye tabi tutularak ölçülen sonuçlar ile aynı noktalara ilişkin tahmin edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma yapılırken, 1) ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki fark yani hata değerleri hesaplanmıştır. 2) Hata değerlerine ve tahmin edilen değerlere ait tanımsal istatistik analiz sonuçları belirlenmiştir. 3) hata mutlak değerlerinin ortalaması (MAE) ve hata değerlerinin karelerinin ortalaması (MSE) hesaplanmıştır. 4) düşük değerler ile yüksek değerlerin nasıl dağıldığını görmek için hata değerleri ile tahmin edilen değerler grafiklenmiştir. 5) Hata değerlerine ait yüzey haritası çizilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Tanımsal İstatistiksel Analizler

Bir araştırma sonucu elde edilen veriler ancak düzenlendikleri zaman daha kolay yorumlanmakta ve daha açık anlaşılabilirler. Bu amaçla kullanılan İstatistiksel analizler, elde edilen verilerin toplanmasını ve bir veri seti oluşturmasını, düzenlenmesini ve yorumlanmasını sağlamaktadır (Isaaks ve Srivastava, 1989).

İstatistiksel analizlerin temel ölçüleri, merkezi eğilim ölçüleri mod, medyan ve ortalama parametreleridir. Ortalamalar, veri setini temsil edecek tek bir sayısal değeri belirlemek ve veri setinin genel karakteri hakkında bir fikir edinmek için hesaplanmaktadır. Ayrıca farklı veri setlerinin karşılaştırılmasında da kullanılmaktadır. Her veri seti için veri değerlerine en uygun ortalama yöntemi (aritmetik ortalama, kareli ortalama, geometrik ortalama, mod ve medyan vb) kullanılmaktadır. Genellikle uygulamalarda en çok aritmetik ortalama kullanılmaktadır. Aritmetik ortalama, bütün veri değerlerinin toplamının toplam veri sayısına bölünmesi ile bulunmaktadır (Turanlı ve Güriş, 2000). Hesaplanan aritmetik ortalama değeri veri setine ait minimum ve maksimum değer arasında kalmaktadır. Aritmetik ortalama veri seti içerisindeki aşırı yüksek ve düşük değerlerden oldukça etkilenmektedir. Yani aşırı uç değerler aritmetik ortalamanın değerini yukarı veya aşağı çekmektedir. Aritmetik ortalama ile birlikte veri setlerine ait minimum ve maksimum değerlere bakıldığında, araştırılan alanda bölgesel olarak yüksek veya düşük bölgelerin varlığı hakkında bize bilgi verir (Çetin, 2004).

İncelenen toprak özelliklerine ait tanımsal istatistiksel analiz sonuçları Tablo.4.1 'de verilmektedir. Bu sonuçlara göre K_{sat} (cm/s) için aritmetik ortalama değeri 3.76(cm/s) iken, minimum değeri 0.5(cm/s) ve maksimum değeri 13.0(cm/s) olarak saptanmıştır. Ortalama değer ile maksimum değer arasındaki farkın, ortalama değer ile minimum değer arasındaki farktan büyük olması, alanda yüksek değerlere ait bölgelerin varlığını göstermektedir. Aynı şekilde $CaCO_3$ (%) için aritmetik ortalama değer 22.40(%) iken minimum değer 14.4(%) ve maksimum değer 62.1(%) olarak bulunmuştur ve maksimum değer minimum değere göre ortalamadan çok uzak olması alanda yüksek değerlere ait bölgenin olduğunu belirtmektedir.

Tablo 4.1. Toprak Özelliklerine Ait Tanımsal İstatistik Analiz Sonuçları

Toprak Özellikleri	Örnek* Sayısı	Ortalama	Standart sapma	Örnek varyansı	Minimum değer	Maksimum değer	Çarpıklık	Basıklık	Varyasyon Katsayısı CV%
Kil (%)	111	31.62	4.87	23.76	22.0	45.0	0.72	0.52	15
Kum (%)	112	30.29	6.35	10.34	18.3	46.0	0.15	-0.67	20
Silt (%)	116	38.47	5.21	27.13	23.4	50.0	-0.52	0.87	13
Doymuş hidrolik iletkenlik(cm/s)	103	3.76	2.28	5.20	0.5	13.0	1.53	3.22	60
Hacim Ağırlığı(g cm ⁻³)	102	1.30	0.18	0.03	0.9	2.0	0.82	1.39	13
Gözeneklilik (%)	102	0.51	0.07	0.00	0.3	0.7	-0.78	1.16	14
Tarla Kapasitesi Su İçeriği (cm ³ cm ⁻³)	95	30.71	3.41	11.66	23.3	40.5	0.41	0.2	11
Solma Noktası Su İçeriği (cm ³ cm ⁻³)	66	16.78	2.19	4.80	11.7	25.0	0.62	1.81	13
Yarayıtlı Su İçeriği (cm ³ cm ⁻³)	76	14.27	2.71	7.34	8.4	18.9	-0.31	-0.62	19
Organik Madde (%)	116	1.62	0.34	0.11	1.0	2.4	0.6	-0.47	20
CaCO ₃ (%)	116	22.40	9.37	87.72	14.4	62.1	3.54	11.52	42
pH (1:2.5)	113	8.18	0.12	0.01	7.9	8.4	0.19	-0.85	1
EC µs/cm	108	268.81	56.23	3161.35	147.0	432.0	0.36	-0.07	21

* Tanımsal istatistik analiz sonuçlarının jeoistatistik analiz sonuçları ile uyum sağlanması için jeoistatistik analizde kullanılan örnek sayısı dikkate alınmıştır.

Ortalamalar her zaman farklı veri setlerinin karşılaştırılmasında yeterli olmamaktadır. Bundan dolayı veri setlerinin karşılaştırılmasında değişkenlik ve eğrilik (asimetrik) ölçümlerinden yararlanılmaktadır. Değişkenlik ölçümleri varyans, standart sapma, varyasyon katsayısı ölçümlerini içermektedir. Varyans, verilerin aritmetik ortalamadan uzaklıklarının karesinin toplam veri sayısına bölünmesi ile hesaplanmaktadır. Bu hesaplamada değerlerin karesi alındığı için varyansın birimi yoktur. Varyansın kare kökü ise standart sapmayı vermektedir. Standart sapma veri setinin birimi ile aynı birime sahiptir ve bundan dolayı varyansa göre daha çok kullanılmaktadır. Standart sapma değeri ne kadar yüksek ise veri setine ait değerler içerisindeki değişkenlik de o kadar yüksek demektir. Fakat standart sapma, değişkenliğin birimi ile aynı birime sahip olduğundan, farklı ölçü birimine (kg, cm, L vb.) ve farklı veri değeri büyüklüğüne (5cm, 150L, 3520kg gibi) sahip veri setlerinin karşılaştırılmasında uygun bir ölçüm olmamaktadır. Bu durumda, farklı veri setlerinin birbirleri ile karşılaştırılması için varyasyon katsayısı kullanılmaktadır (Turanlı ve Gürüş, 2000).

İncelenen toprak özellikler arasında en yüksek standart sapma değerinin EC $\mu\text{s/cm}$ (56,2259) özelliğine aittir. Çünkü, EC diğer özelliklere göre sayısal olarak daha büyük değerlere sahiptir. CaCO_3 (%) (9.37), kum (%) (6.35), silt (%) (5.20), kil (%) (4.87), tarla kapasitesi su içeriği ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) ($3.41 \text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$), bitkiye yararlı su içeriği ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) ($2.70 \text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$), doymuş hidrolik iletkenlik(cm/s) (2.28cm/s), solma noktası su içeriği ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) ($2.19 \text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$), özelliklerine ait standart sapma değerleri, hesaplanan ortalama değerlere biraz yakın olduğunu göstermektedir. En düşük standart sapma değeri ise gözeneklilik (%) (0.0689), pH (0.1204), hacim ağırlığı (g cm^{-3}) (0.1794g cm^{-3}) ve organik madde (%) (0.3376) değişkenlerinde saptanmıştır (Tablo.4.1).

Varyasyon katsayısı standart sapmanın aritmetik ortalamaya bölünüp 100 ile çarpılması ile hesaplanmaktadır. Buradan hesaplanan sonuç mutlak değer olmayıp oransal değer olduğundan dolayı veri seti biriminin etkisi ortadan kalkmaktadır ve farklı veri setleri birbirleri ile karşılaştırılabilmektedir. Varyasyon katsayısı incelenen parametrelerin değişkenliği hakkında fikir verdiği için jeostatistiksel analizler içinde yol göstericidir.

İncelenecek özelliğe ait değişkenlik ne kadar az ise o kadar uzun uzaysal bağımlılık göstermektedir. Mulla and McBratney (2001), tarafından belirtilen bazı toprak özelliklerine ilişkin varyasyon katsayısı değerleri tablo 4.2 'de görülmektedir.

Tablo.4.2. Bazı Toprak Ve Bitki Özelliklerine Ait Varyasyon Katsayısı Sınırları

Toprak Özelliği	Varyasyon Katsayısı CV(%)	Değişkenliğin Derecesi
pH	2-15	Düşük
Gözeneklilik	7-11	Düşük
Hacim Ağırlığı	3-26	Düşük-Orta
Bitki Verimi	8-29	Düşük-Orta
Kum	3-37	Düşük-Orta
0.01 Mpa Su İçeriği	4-20	Düşük-Orta
Pestisit absorpsiyon katsayısı	12-31	Orta
Organik Madde İçeriği	21-41	Orta-Yüksek
1.5Mpa Su İçeriği	14-45	Orta-Yüksek
Kil	16-53	Orta-Yüksek
Toprak Nitrat-N	28-58	Orta-Yüksek
İnfiltrasyon Hızı	23-97	Orta-Yüksek
Toprak Alınabilir Potasyum	39-157	Yüksek
Toprak Alınabilir Fosfor	39-157	Yüksek
EC	91-263	Yüksek
Doymuş Hidrolik İletkenlik	48-352	Yüksek
Doğunluk Kimyasal Hızı	78-194	Yüksek
Kimyasal Dispersiyon Katsayısı	79-178	Yüksek
Kimyasal Dispersivitesi	78-539	Yüksek

Tablo.4.1.'de verilen toprak özelliklerinden pH(% 01) düşük değişkenliğe sahiptir. Tarla kapasitesi su içeriği ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) %11, silt (%), hacim ağırlığı (g cm^{-3}) ve solma noktası su içeriği ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) %13, gözeneklilik (%) %14, kil (%) %15, yarayıslı su içeriği ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) %19, kum (%) ve organik madde (%) %20, EC %21, CaCO_3 (%) %42 ve doymuş hidrolik iletkenlik (cm/s) (%60) ise yüksek değişkenliğe sahiptirler.

Değişkenlik ölçütleri veri setlerinin değişkenliğini ölçebilmekte fakat dağılma şekillerini belirtememektedir. Dağılma şekillerini belirtmek için asimetrik ölçütleri olarak adlandırılan ölçütler kullanılmaktadır. Bu ölçütler çarpıklık ve basıklık katsayılarıdır. Eğer

verilere ait çarpıklık katsayısı sıfır (0) ise simetrik (normal), sıfırdan büyük ise sağa çarpık, sıfırdan küçük ise sola çarpık bir dağılım vardır. Yani simetrik dağılımda veri setlerine ait değerler ortalamanın etrafında, sağa çarpık dağılım gösteren veri setlerinde değerler küçük değerlerde, sola çarpık dağılım gösteren veri setlerinde ise değerler büyük değerlerde toplanmaktadır. Basıklık ölçütü ise, veri setlerine ait değerlerin ortalama çevresinde nasıl dağıldıklarını göstermektedir. Basıklık katsayısı 3 ise normal bir dağılım, 3'den büyük ise yayvan bir dağılım, 3'den küçük ise sivri bir dağılım şeklinde değerlendirilmektedir. Yani sivri dağılımda veri değerlerinin ortalama çevresinde toplandığını, yayvan dağılımda ise veri değerlerinin ortalamadan uzaklaştığını belirtmektedir (Orhunbilge, 2000).

Araştırmada incelenen özelliklerden silt (%) (-0.52), gözeneklilik(%) (-0.78) ve yarayıslı su içeriği ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) (-0.31) değişkenleri negatif çarpıklık değerine sahip olduklarından hafif sola yatık bir dağılım göstermektedir. Kil (%) (0.72), kum (%) (0.15), doymuş hidrolik iletkenlik (cm/s) (1.53), hacim ağırlığı(gcm^{-3}) (0.82), tarla kapasitesi su içeriği ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) (0.41), solma noktası su içeriği ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) (0.62), organik madde (%) (0.60), pH (0,19) ve EC (0.36) değişkenleri ise pozitif bir çarpıklık değerine sahip olduklarından hafif sağa yatık bir dağılım göstermektedirler. Fakat bu değişkenlerin çarpıklık değerleri sıfıra yakın değerler olduklarından normal dağılım olarak kabul edilebilirler. Doymuş hidrolik iletkenlik (cm/s) (1.53) ve CaCO_3 (%) (3.54) değişkenleri ise diğer değişkenlere göre daha yüksek çarpıklık değerine sahip olduklarından biraz daha fazla sağa yatık bir dağılım göstermektedirler (Tablo 4.1).

İncelenen değişkenlerin basıklık değerlerine bakıldığında ise, doymuş hidrolik iletkenlik (cm/s) (3.22) ve CaCO_3 (%) (11.52) değişkenleri için basıklık katsayısı 3 den büyük olduğu için yayvan bir dağılım, kil(%) (0.52), silt (%) (0.87), kum(%) (-0.67), gözeneklilik(%) (1.16), hacim ağırlığı(gcm^{-3}) (1.39), tarla kapasitesi su içeriği (cm^3) (0.20), yarayıslı su içeriği (cm^3) (-0.62), solma noktası su içeriği (cm^3) (1.81), organik madde miktarı (%) (-0.47), pH (-0.85) ve EC (-0.07) ise 3'den küçük basıklık kat sayısına sahip oldukları için sivri bir dağılım göstermektedirler (Tablo 4.1).

Değişkenler arasındaki ilişkinin derecesini bulmak için korelasyon katsayısına bakarız. Eğer değişkenler arasındaki korelasyon kat sayısı $r = 1$ ise, bu değişkenler arasında pozitif

mükemmel bir ilişki vardır. Yani iki değişkenden birinin değerleri artarken diğerinin değerleri de aynı oranda artmaktadır yada birinin değerleri azalırken diğerinin değerleri de aynı oranda azalmaktadır. Korelasyon katsayısı $r = -1$ ise negatif tam bir ilişki vardır. Yani iki değişkenden birinin değerleri artarken diğerinin değerleri aynı oranda azalmaktadır. Eğer $r = 0$ ise değişkenler arasında ilişki yok demektir (Turanlı ve Güriş, 2000).

İncelenen değişkenler arasında korelasyon yapıldığında, gözeneklilik (%) ile hacim ağırlığı (g cm^{-3}) değişkenleri arasında (-1) en yüksek ve negatif tam ilişki bulunmuştur. Tarla kapasitesi su içeriği ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$)'nin hacim ağırlığı (g cm^{-3}) ve solma noktası su içeriği ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) ile arasında yapılan korelasyon sonucunda sırasıyla %80 ve %75 yani yüksek ve pozitif bir ilişki bulunurken, gözeneklilik (%) ile bu değişkenler arasında yüksek fakat negatif bir ilişki bulunmuştur. Aynı şekilde solma noktası su içeriği ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) ile hacim ağırlığı (g cm^{-3}) arasında %67 ilişki bulunurken, solma noktası su içeriği ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) ile gözeneklilik (%) ile arasında %67 negatif bir ilişki bulunmuştur. Kum ile kil ve kum ile silt arasında ise orta derecede ve negatif bir ilişki bulunmaktadır (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Değişkenlere arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon analizi sonuçları

	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	HA(g cm ⁻³)	f (%)	K(cm/sn)	TK (cm ³ cm ⁻³)	SN(cm ³ cm ⁻³)	BYS (cm ³ cm ⁻³)	CaCO ₃ (%)	pH	EC	OM (%)
Kil (%)	1.000												
Silt (%)	-0.198	1.000											
Kum (%)	-0.620	-0.647	1.000										
HA(g cm ⁻³)	-0.507	-0.068	0.449	1.000									
f (%)	0.507	0.068	-0.449	-1.000	1.000								
K (cm/sn)	0.421	-0.367	-0.034	-0.318	0.318	1.000							
TK (cm ³ cm ⁻³)	-0.062	-0.003	0.051	0.801	-0.801	-0.185	1.000						
SN (cm ³ cm ⁻³)	-0.048	-0.147	0.178	0.677	-0.677	0.052	0.755	1.000					
BYS (cm ³ cm ⁻³)	-0.422	-0.152	0.450	0.430	-0.430	-0.236	0.262	0.208	1.000				
CaCO ₃ (%)	0.569	-0.647	0.075	-0.251	0.251	0.533	-0.048	0.113	-0.202	1.000			
pH	0.196	0.075	-0.212	-0.013	0.013	-0.209	0.129	-0.042	-0.124	0.110	1.000		
EC	0.453	0.203	-0.515	-0.224	0.224	0.019	0.099	-0.011	-0.195	0.046	-0.252	1.000	
OM (%)	0.528	-0.075	-0.351	-0.304	0.304	0.334	0.053	0.313	-0.418	0.366	0.023	0.377	1.000

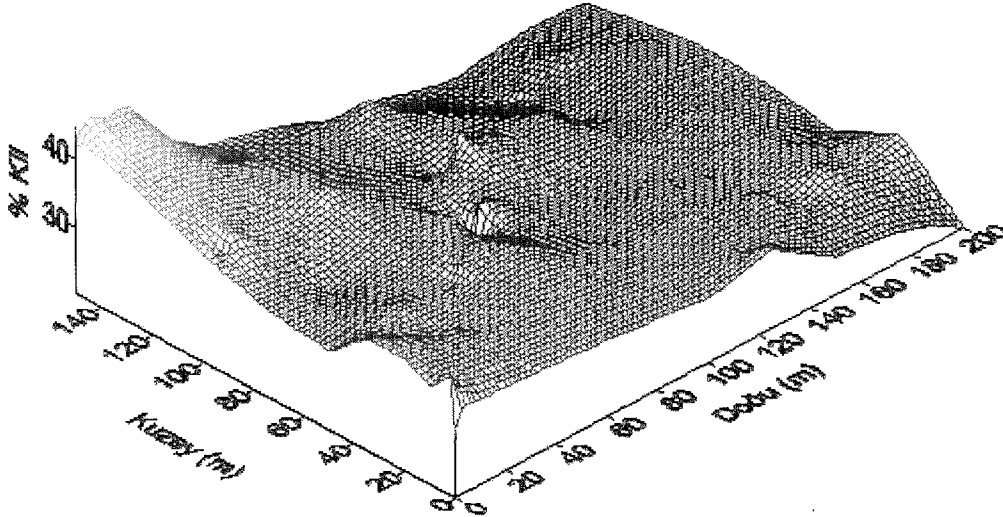
HA : Hacim Ağırlığı (g cm⁻³)
f : Toplam Gözeneklilik (%)
Kcm/sn: Doymuş Hidrolik İletkenlik (cm/sn)
TK: Tarla Kapasitesi Su Miktarı (cm³cm⁻³)
SN: Solma Noktası Su Miktarı (cm³cm⁻³)
BYS: Bitkiye Yarayışlı Su İçeriği (cm³cm⁻³)
OM (%): % Organik Madde

4.2. Jeostatistiksel Analiz Sonuçları

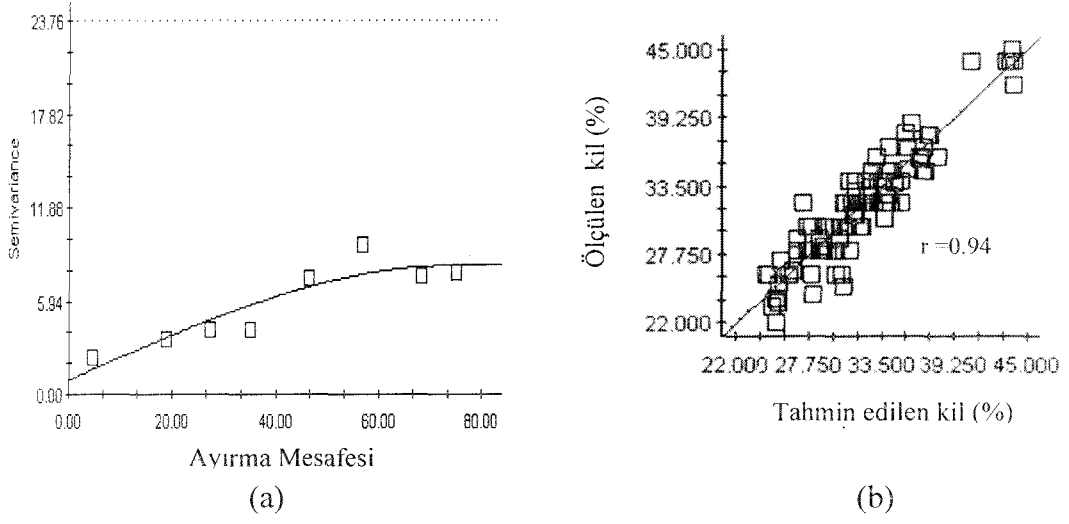
4.2.1. Kil

Kil (%)'e ilişkin ölçülen verilerin yüzey haritası Şekil 4.1' de görülmektedir. Kil (%) için uygun semivariogram için aktif lag mesafesi 80 m ve lag aralıkları ise 10, 25, 30, 40, 50, 65 ve 70 m olarak belirlenmiştir. Oluşturulan semivariogram, çapraz değerlendirme ile kontrol edilmiştir. Çapraz değerlendirme yapılırken, ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında daha iyi bir ilişki bulmak (Şekil 4.2 (b)) ve en uygun semivariogramı oluşturmak (Şekil 4.2 (a)) için değişkene ait toplam 5 değer (1., 17., 61., 62. ve 68. değerler) yok kabul edilmiştir. Uygun bağlantı modeli küresel olup uzaysal bağımlılığın mesafesi (Range (Ao)) 74.30 m'dir (Tablo.4.4). Uygun bağlantı modeli kullanılarak kil (%) için nokta-krigleme yöntemi ile nokta tahmini yapıp, krigleme haritası çizilmiştir (Şekil 4.3). Krigleme ile nokta tahmini yapılırken, 200 m²'lik alanda 14 komşu nokta kullanılmıştır. Tahmin edilen değerlere ilişkin krigleme standart sapma haritası çizilmiştir (Şekil 4.4).

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistiki analiz sonuçları Tablo 4.5' de verilmiştir. Hata değerlerine ait kareler ortalaması (MSE) 2.80 olarak bulunmuştur. Kil (%) için hata- tahmin grafiği Şekil 4.5'de ve hata değerlerine ait yüzey haritası ise Şekil 4.6' de görülmektedir.



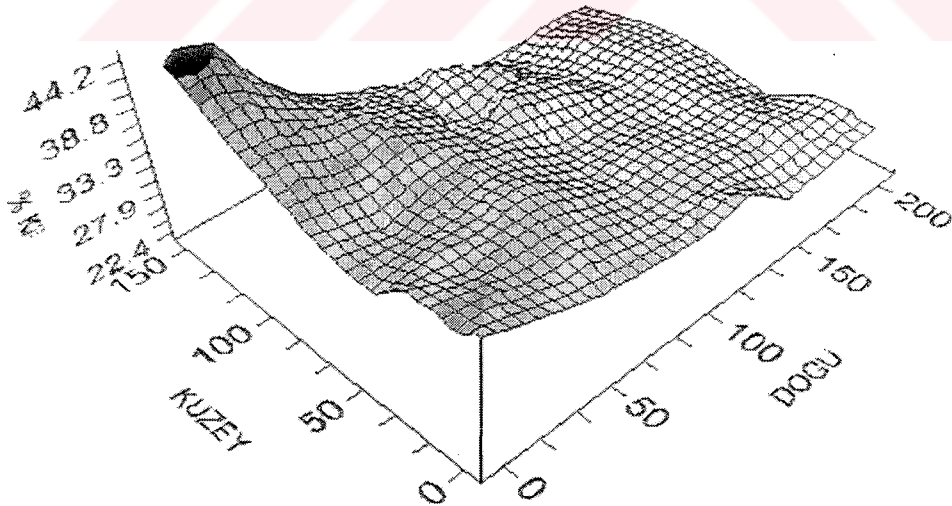
Şekil 4.1. Kil (%) için ölçülen değerlerin yüzey haritası



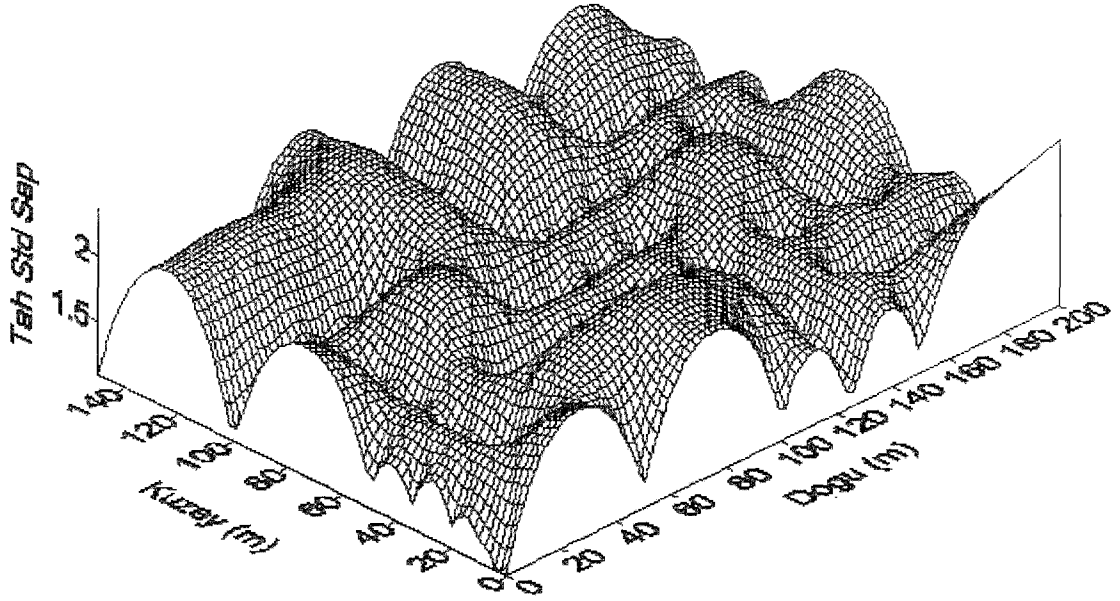
Şekil 4.2. Kil (%) için isotropik variogram (a) ve çapraz değerlendirme (b) grafiği

Tablo 4.4. Kil (%) için isotropik variogram parametreleri

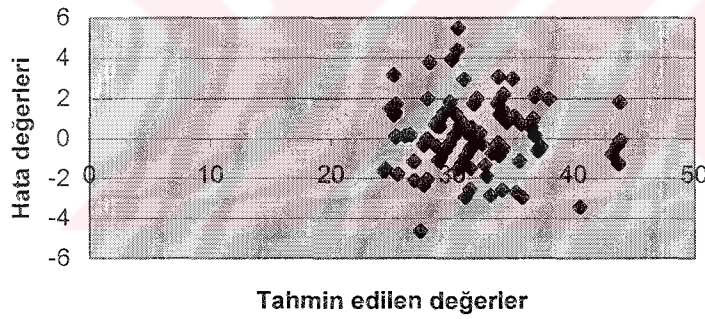
Model	Co (nugget)	Co+C (Sill)	Ao (m) (Range)	R^2	RSS
Küresel	0,90	8,21	74,30	0,83	8,19



Şekil 4.3. Nokta krigleme ile tahmin edilen kil (%) değerlerinin yüzey haritası



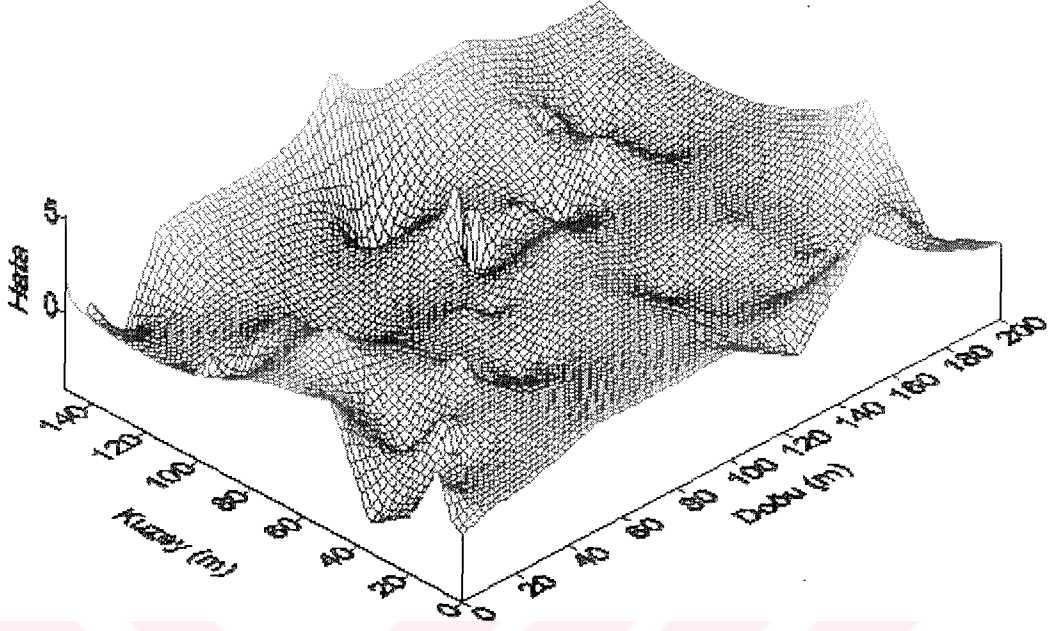
Şekil 4.4. Kil (%) için krigleme standart sapma (Tah Std Sap) değerlerine ilişkin yüzey haritası



Şekil 4.5. Kil (%) için hata- tahmin grafiği

Tablo 4.5 Kil (%) için ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistiksel analiz sonuçları

	Ölçülen	Tahmin	Hata
Ortalama	31.62	31.75	0.13
Standart Hata	0.46	0.43	0.16
Ortanca	32.00	31.28	-0.03
Standart Sapma	4.87	4.53	1.68
Varyans	23.76	20.54	2.81
Basıklık	0.60	0.68	0.89
Çarpıklık	0.73	0.82	0.24
En Büyük	22.00	24.36	-4.66
En Küçük	45.00	43.92	5.48
Örnek sayısı	111	111	111

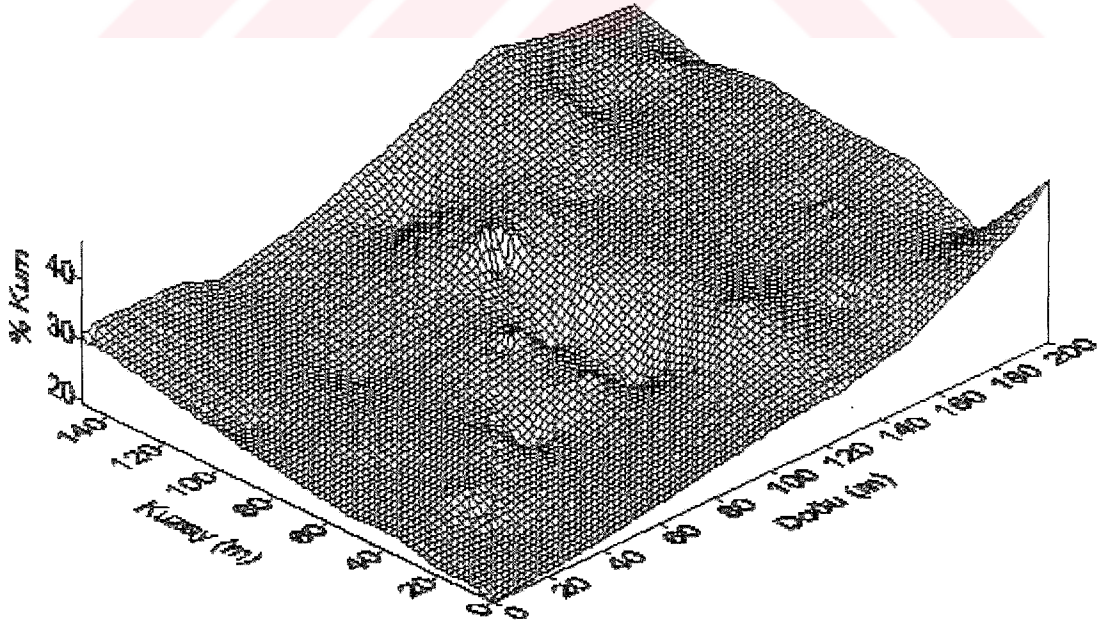


Şekil 4.6. Kil (%) için krigeleme hata değerlerinin arazi boyunca değişim deseni

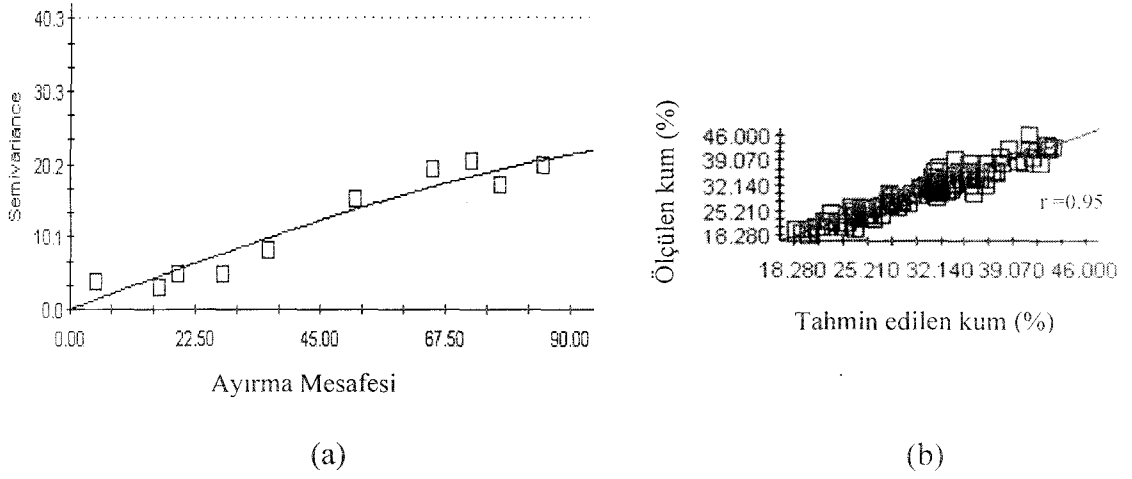
4.2.2 Kum

Kum (%)'a ilişkin ölçülen değerlerin yüzey haritası Şekil 4.7' de görülmektedir. Kum (%) için uygun semivariogram için aktif lag mesafesi 90 m ve lag aralıkları ise 14, 18, 20, 32, 40, 60, 70, 75, 80 ve 90 m olarak belirlenmiştir. Oluşturulan semivariogram, çapraz değerlendirme ile kontrol edilmiştir. Çapraz değerlendirme yapılırken, ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında daha iyi bir ilişki bulmak (Şekil 4.8 (b)) ve en uygun semivariogramı oluşturmak (Şekil 4.8 (a)) için değişkene ait toplam 4 değer (10., 17., 44. ve 64. değerler) yok kabul edilmiştir. Uygun bağlantı modeli küresel olup uzaysal bağımlılığın mesafesi (Range (Ao)) 127.90 m'dir (Tablo.4.6). Uygun bağlantı modeli kullanılarak kum (%) için nokta-krigleme yöntemi ile nokta tahmini yapıp, krigleme haritası çizilmiştir (Şekil 4.9). Krigleme ile nokta tahmini yapılırken, 200 m²'lik alanda 16 komşu nokta kullanılmıştır. Tahmin edilen değerlere ilişkin krigleme standart sapma haritası çizilmiştir (Şekil 4.10).

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistiki analiz sonuçları Tablo 4.7' de verilmiştir. Hata değerlerine ait kareler ortalaması (MSE) 3.68 olarak bulunmuştur. Kum (%) için hata- tahmin grafiği Şekil 4.11'de ve hata değerlerine ait yüzey haritası ise Şekil 4.12' de görülmektedir.



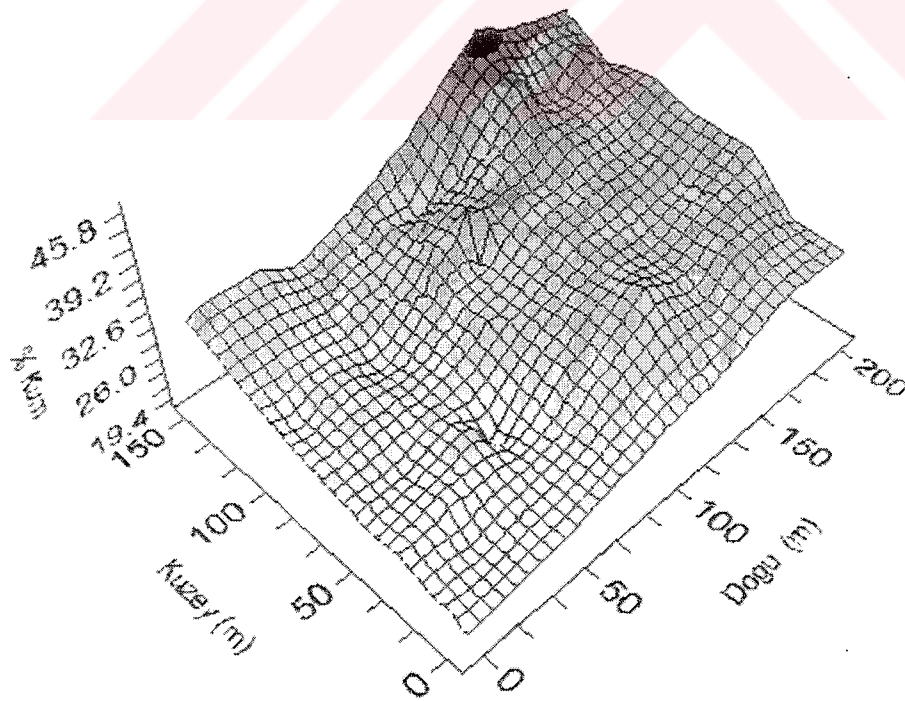
Şekil 4.7. Kum (%) için ölçülen değerlere ait yüzey haritası



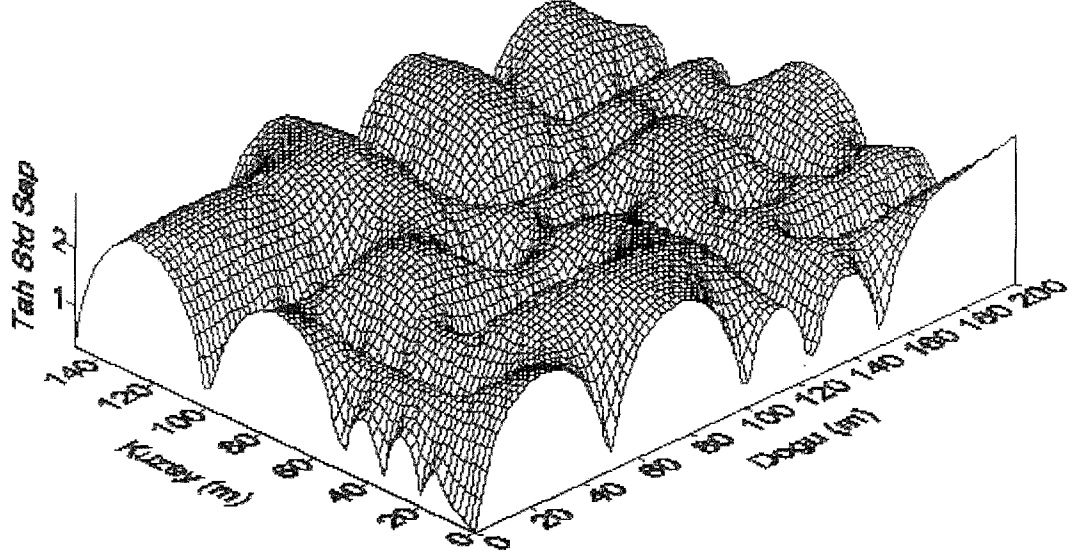
Şekil 4.8. Kum (%) için isotropik variogram (a) ve çapraz değerlendirme (b) grafikleri

Tablo 4.6. Kum (%) için isotropik variogram parametreleri

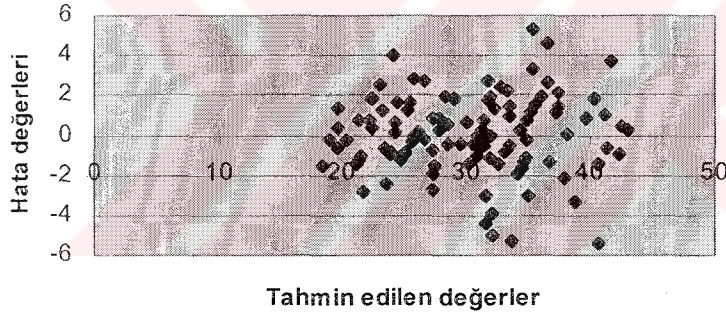
Model	Co (nugget)	Co+C (Sill)	Ao (m) (Range)	R^2	RSS
Küresel	0.010	24.39	127.90	0.93	36.8



Şekil 4.9. Nokta krigeleme ile tahmin edilen kum (%) değerlerinin yüzey haritası



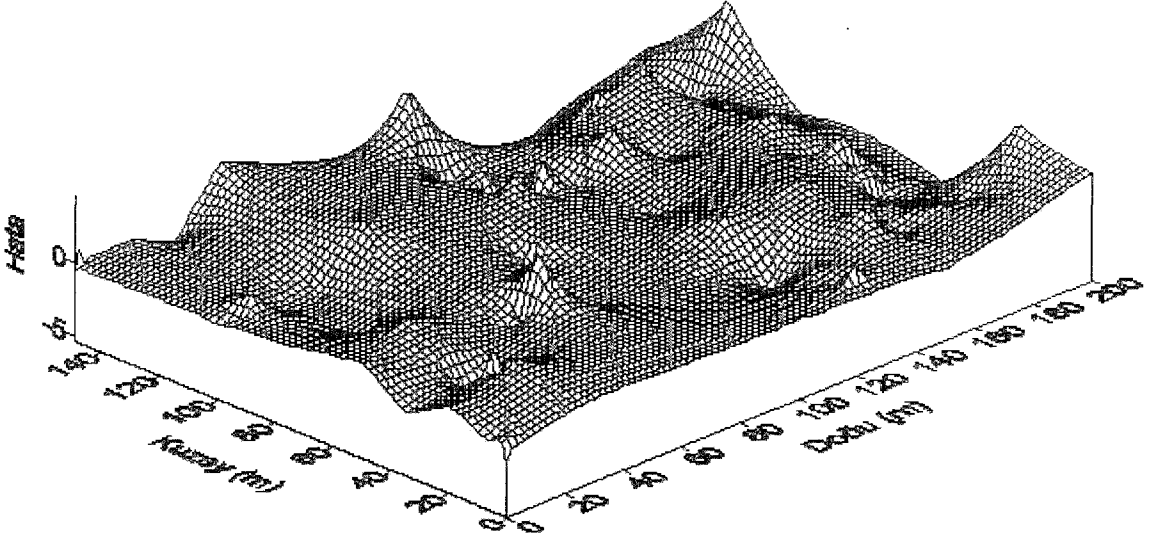
Şekil 4.10. Kum (%) için krigleme standart sapma (Tah Std Sap) değerlerine ilişkin yüzey haritası



Şekil 4.11. Kum (%) için hata- tahmin grafiği

Tablo 4.7. Kum (%) ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistiksel analiz sonuçları

	Ölçülen	Tahmin	Hata
Ortalama	30.29	30.28	-0.01
Standart Hata	0.60	0.58	0.18
Ortanca	30.78	31.31	-0.06
Standart Sapma	6.35	6.11	1.93
Varyans	40.34	37.33	3.71
Basıklık	-0.65	-0.77	0.84
Çarpıklık	0.15	0.06	-0.22
En Büyük	18.28	18.42	-5.40
En Küçük	46.00	43.00	5.26
Örnek Sayısı	112	112	112

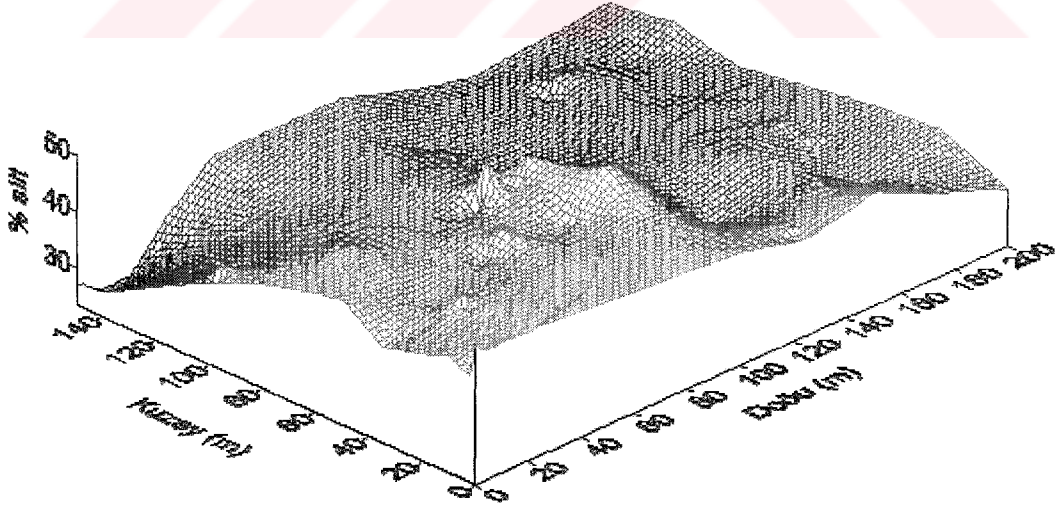


Şekil 4.12. Kum (%) krigleme hata değerlerinin arazi boyunca değişim deseni

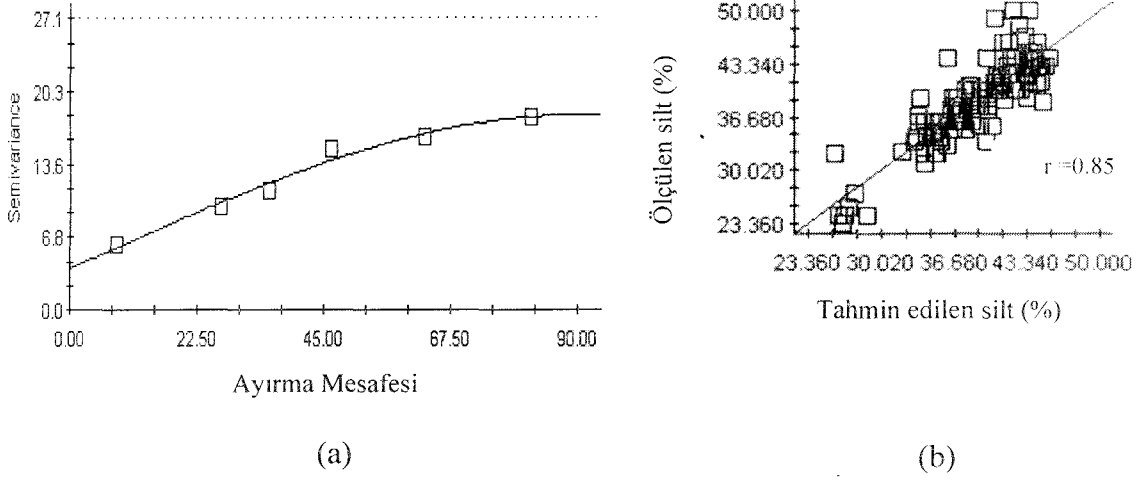
4.2.3. Silt

Silt (%) için ölçülen verilerin yüzey haritası Şekil 4.13' de görülmektedir. Silt (%) için uygun semivariogram için aktif lag mesafesi 90 m ve lag aralıkları ise 20, 30, 40, 50, 75, 90, 110 ve 120 m olarak belirlenip, semivariogram oluşturulmuştur (Şekil 4.14 (a)) ve çapraz değerlendirme (Şekil 4.14 (b)) ile sonuçlar kontrol edilmiştir. Uygun bağlantı modeli küresel olup uzaysal bağımlılığın mesafesi (Range (Ao)) 90 m'dir (Tablo.4.8). Uygun bağlantı modeli kullanılarak silt (%) için nokta-krigleme yöntemi ile nokta tahmini yapıp, krigleme haritası çizilmiştir (Şekil 4.15). Krigleme ile nokta tahmini yapılırken, 200 m²'lik alanda 18 komşu nokta kullanılmıştır. Tahmin edilen değerlere ilişkin krigleme standart sapma haritası çizilmiştir (Şekil 4.1).

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.9' da verilmiştir. Hata değerlerine ait kareler ortalaması (MSE) 7.35 olarak bulunmuştur. Silt (%) için hata- tahmin grafiği Şekil 4.17'de ve hata değerlerine ait yüzey haritası ise Şekil 4.18' de görülmektedir.



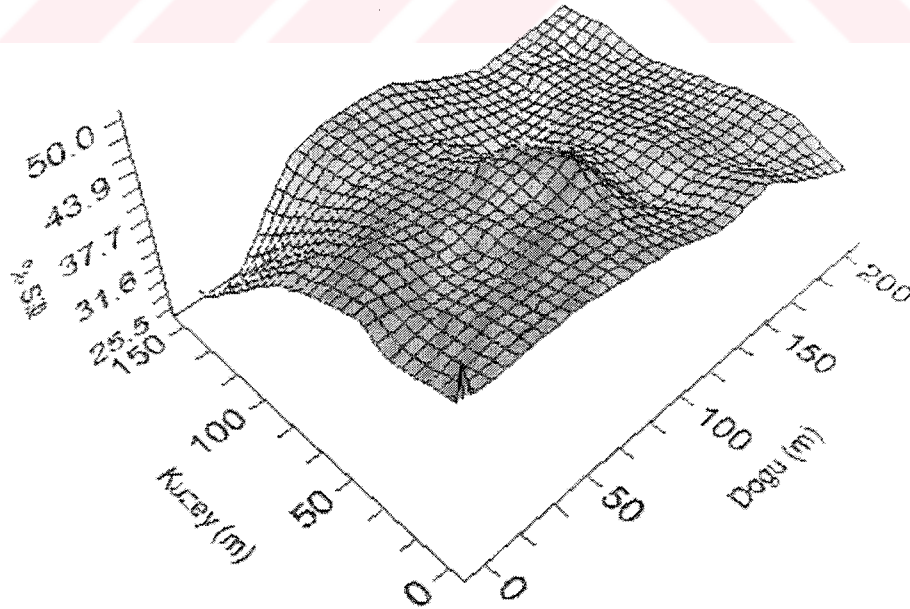
Şekil 4.13. Silt (%) için ölçülen değerlerin yüzey haritası



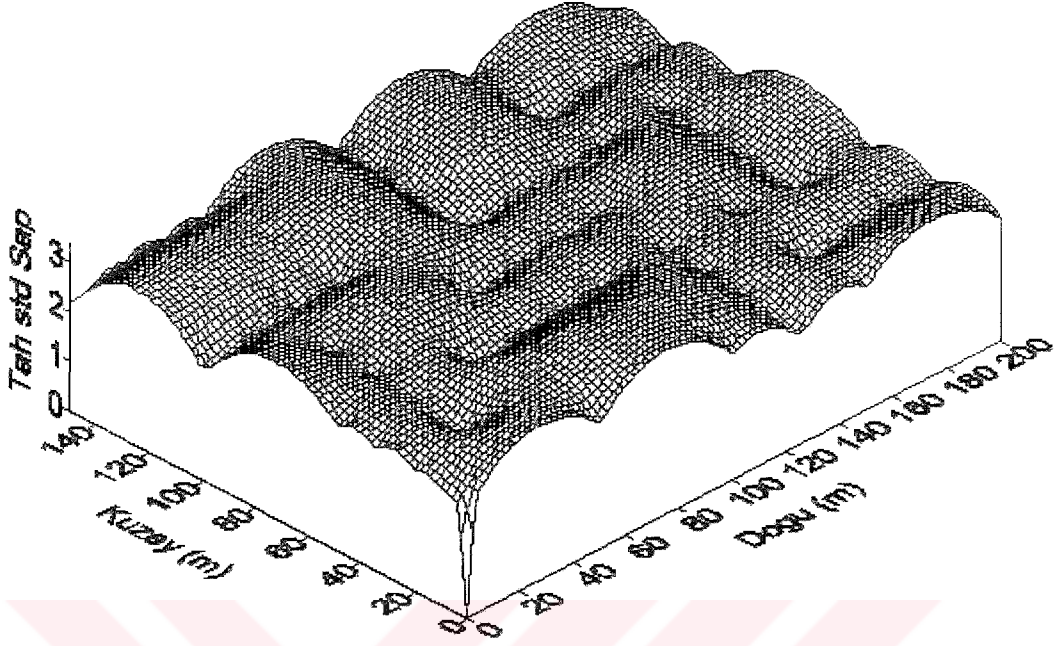
Şekil 4.14. Silt (%) için isotropik variogram (a) ve çapraz değerlendirme (b) grafikleri

Tablo 4.8. Silt (%) isotropik variogram parametreleri

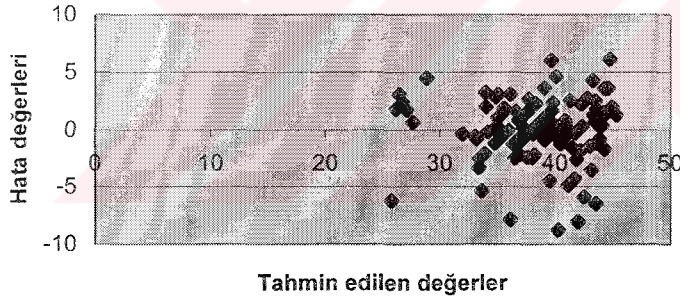
Model	Co	Co+C	Ao (m)	R^2	RSS
Küresel	3.86	18.12	90.00	0.98	1.88



Şekil 4.15. Nokta krigleme ile tahmin edilen silt (%) değerlerinin yüzey haritası



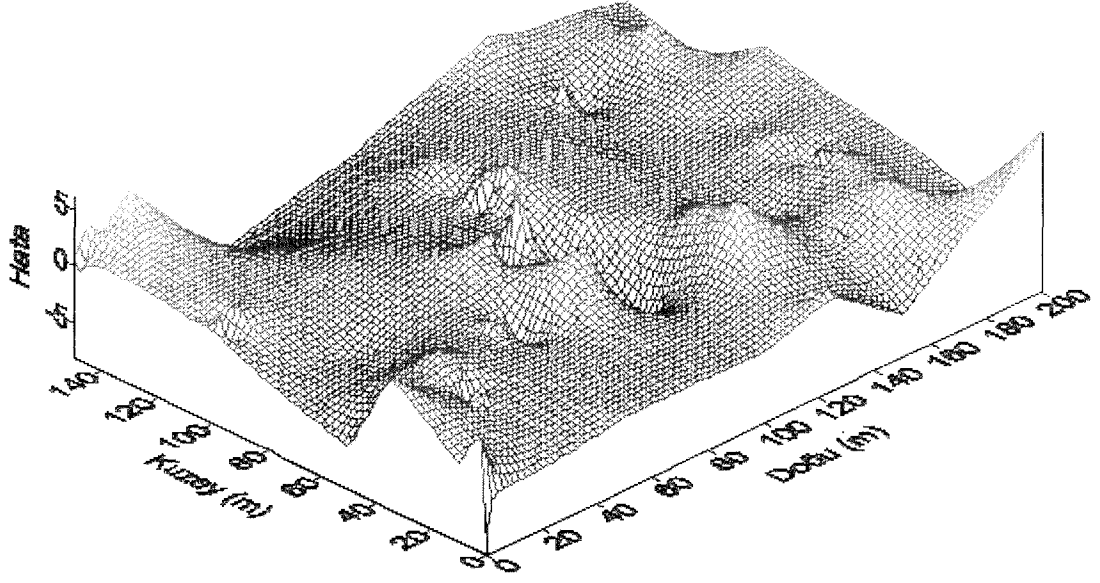
Şekil 4.16. Silt (%) için krigleme standart sapma (Tah Std Sap) değerlerine ilişkin yüzey haritası



Şekil 4.17. Silt (%) için hata- tahmin grafiği

Tablo 4.9. Silt (%) için ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistiksel analiz sonuçları

	Ölçülen	Tahmin	Hata
Ortalama	38.47	38.44	-0.03
Standart Hata	0.48	0.41	0.25
Ortanca	38.68	38.84	0.22
Standart Sapma	5.21	4.44	2.72
Varyans	27.13	19.67	7.41
Basıklık	0.96	0.71	1.34
Çarpıklık	-0.53	-0.82	-0.81
En Büyük	23.36	25.78	-8.76
En Küçük	50.00	45.27	6.11
Örnek sayısı	116	116	116



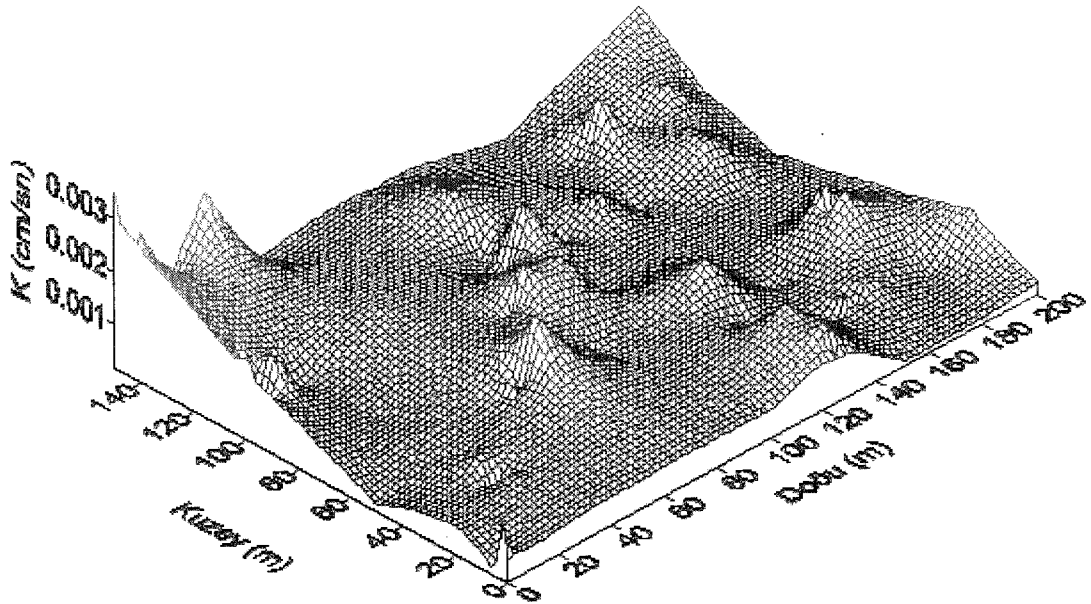
Şekil 4.18. Silt (%) için krigleme hata değerlerinin arazi boyunca değişim deseni



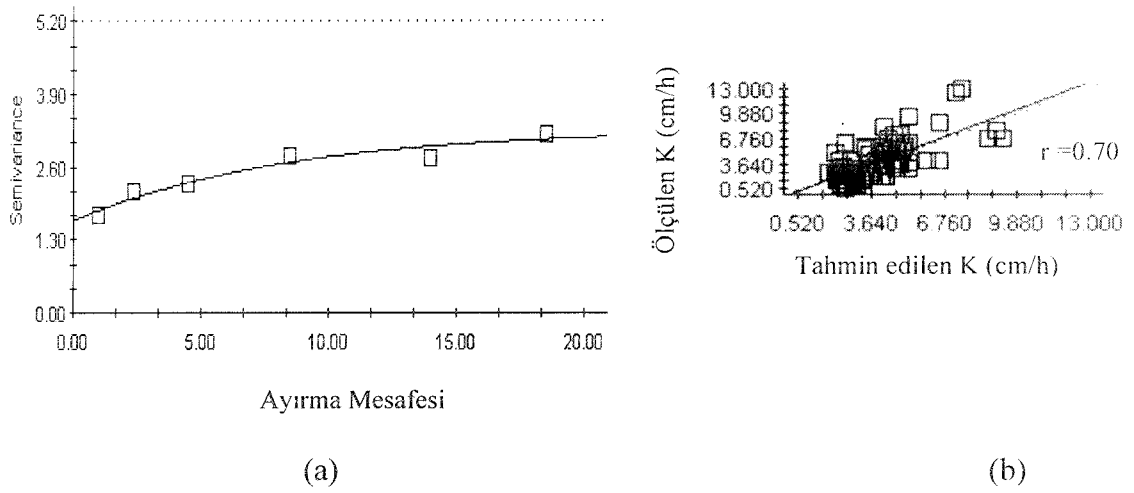
4.2.4.Hidrolik iletkenlik

Hidrolik iletkenlik için ölçülen verilerin yüzey haritası Şekil 4.19' de görülmektedir. Hidrolik iletkenlik için uygun semivariogram için aktif lag mesafesi 20 m ve lag aralıkları ise 1, 3, 5, 10, 15 ve 20 m olarak belirlenmiştir. Oluşturulan semivariogram, çapraz değerlendirme ile kontrol edilmiştir. Çapraz değerlendirme yapılırken, ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında daha iyi bir ilişki bulmak (Şekil 4.20 (b)) ve en uygun semivariogramı oluşturmak (Şekil 4.20 (a)) için değişkene ait toplam 13 değer (8., 12., 20., 37., 39., 40., 42., 53., 65., 90., 94., 98. ve 107. değerler) yok kabul edilmiştir. Uygun bağlantı modeli üssel modelle modellenmiş olup uzaysal bağımlılığın mesafesi (Range (Ao)) 8.29 m'dir (Tablo 4.10). Uygun bağlantı modeli kullanılarak hidrolik iletkenlik için nokta-krigleme yöntemi ile nokta tahmini yapıлып, krigleme haritası çizilmiştir (Şekil 4.21). Krigleme ile nokta tahmini yapılırken, 200 m²'lik alanda 17 komşu nokta kullanılmıştır. Tahmin edilen değerlere ilişkin krigleme standart sapma haritası çizilmiştir (Şekil 4.22).

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistiki analiz sonuçları Tablo 4.11' de verilmiştir. Hata değerlerine ait kareler ortalaması (MSE) 2.63 olarak bulunmuştur. Hidrolik iletkenliğe için hata- tahmin grafiği Şekil 4.23'de ve hata değerlerine ait yüzey haritası ise Şekil 4.24' de görülmektedir.



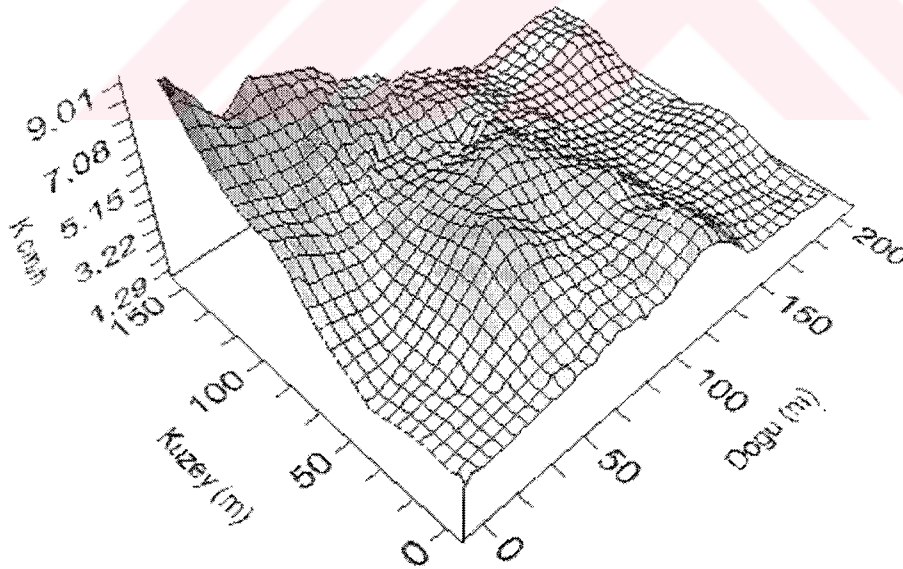
Şekil 4.19. Hidrolik iletkenlik (K cm/sn) için ölçülen değerlerin yüzey haritası



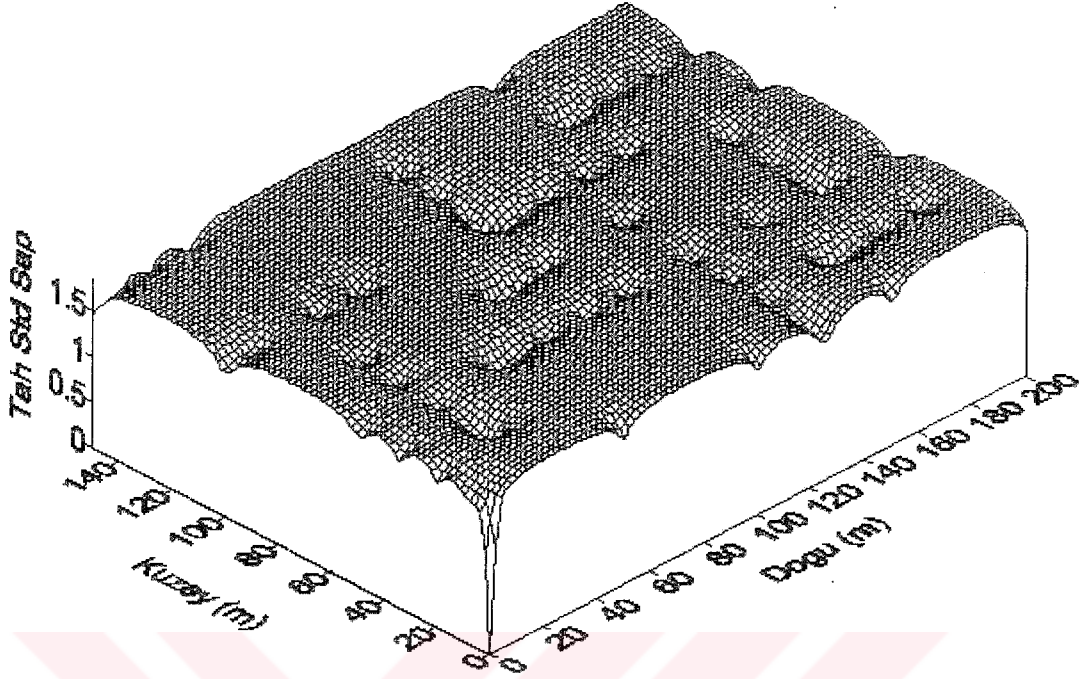
Şekil 4.20. Hidrolik iletkenlik için isotropik variogram (a) ve çapraz değerlendirme (b) grafikleri

Tablo 4.10. Hidrolik iletkenlik (K cm/h) için isotropik variogram parametreleri

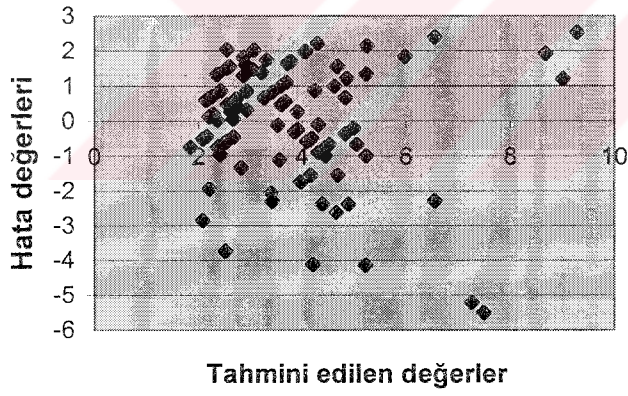
Model	Co (nugget)	Co+C (Sill)	Ao (m) (Range)	R ²	RSS
Üssel	1.64	3.28	8.29	0.93	0.09



Şekil 4.21. Nokta krigleme ile tahmin edilen hidrolik iletkenlik (K cm/h) değerlerinin yüzey haritası



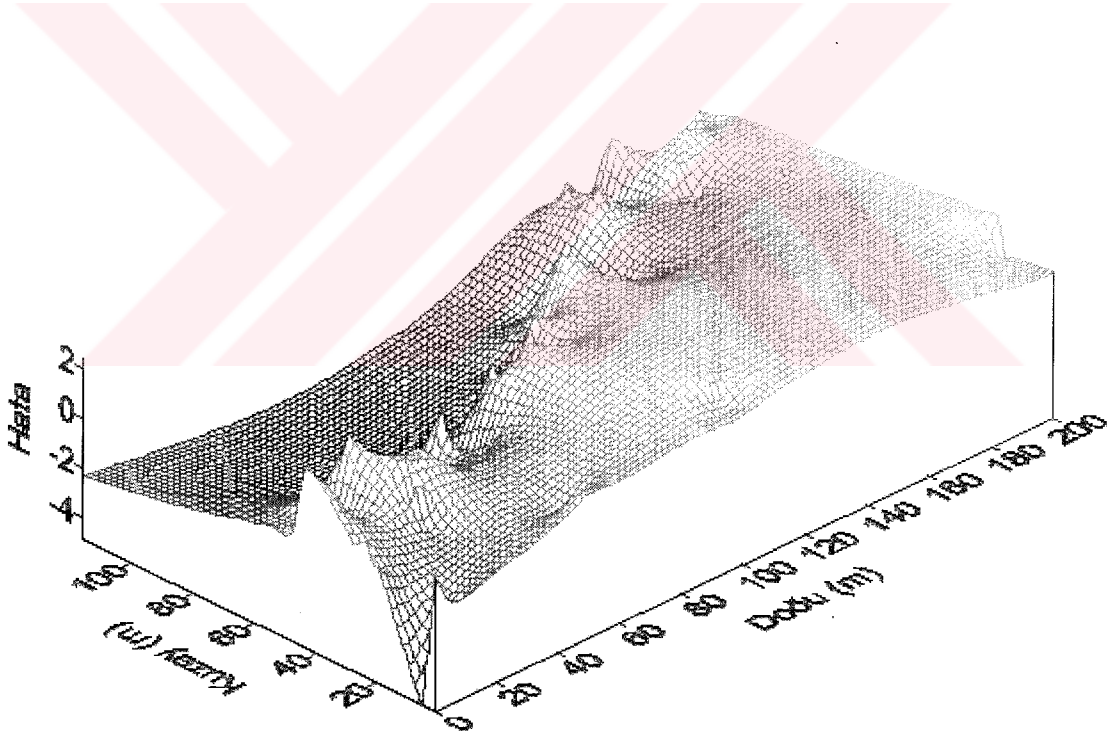
Şekil 4.22. Hidrolik iletkenlik için krigeleme standart sapma (Tah Std Sap) değerlerine ilişkin yüzey haritası



Şekil 4.23 Hidrolik iletkenlik için hata- tahmin grafiği

Tablo 4.11. Hidrolik iletkenlik için ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistiksel analiz sonuçları

	Ölçülen	Tahmin	Hata
Ortalama	3.76	3.74	-0.02
Standart Hata	0.22	0.15	0.16
Ortanca	3.12	3.52	0.21
Standart Sapma	2.28	1.49	1.63
Varyans	5.20	2.23	2.66
Basıklık	3.44	3.13	1.35
Çarpıklık	1.55	1.57	-1.04
En Büyük	0.52	1.85	-5.51
En Küçük	13.00	9.27	2.51
Örnek sayısı	103	103	103

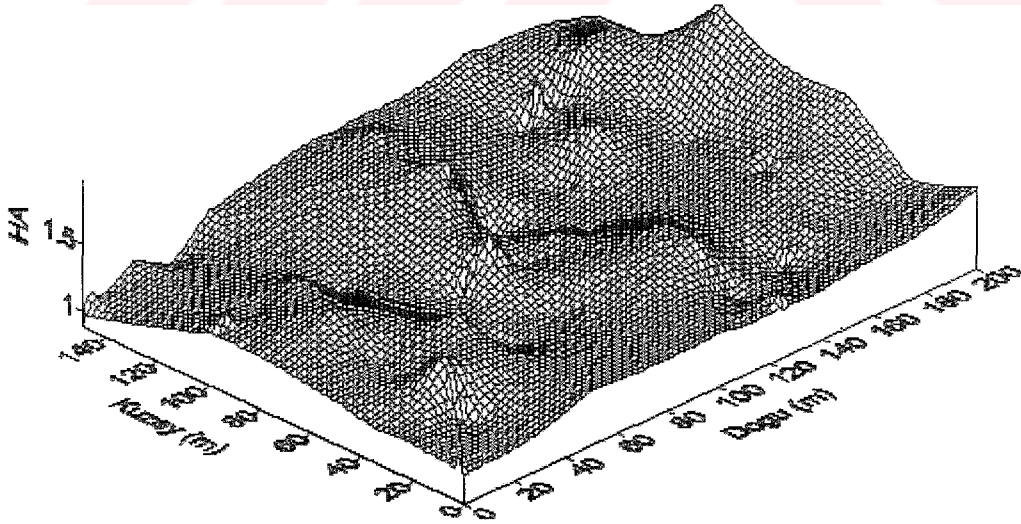


Şekil4. 24. Hidrolik iletkenlik için krigleme hata değerlerinin arazi boyunca değişim deseni

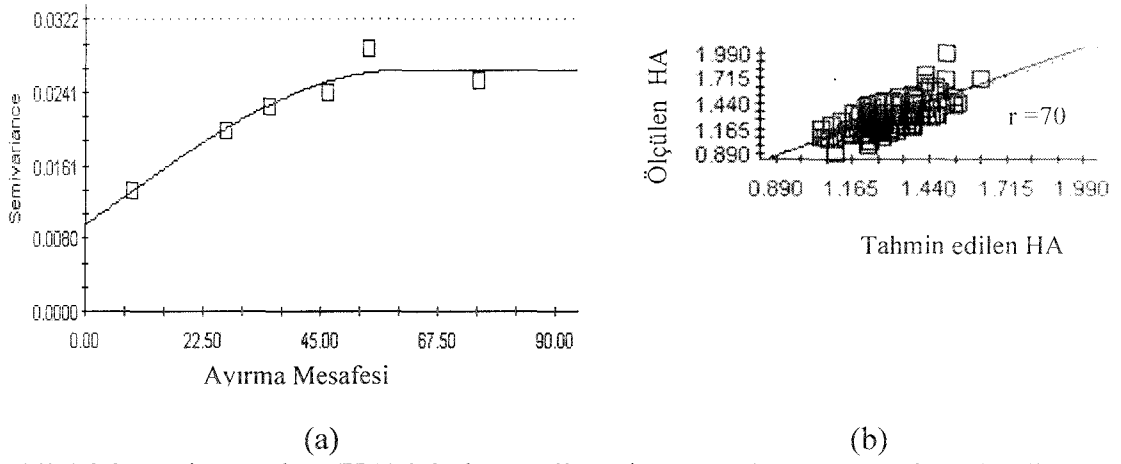
4.2.5 Hacim Ağırlığı

Hacim ağırlığı için ölçülen değerlerin yüzey haritası Şekil 4.25’ de görülmektedir. Hacim ağırlığı için uygun semivariogram için aktif lag mesafesi 90 m ve lag aralıkları ise 20, 30, 40, 50, 60 ve 90 m olarak belirlenmiştir. Oluşturulan semivariogram, çapraz değerlendirme ile kontrol edilmiştir. Çapraz değerlendirme yapılırken, ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında daha iyi bir ilişki bulmak (Şekil 4.26 (b)) ve en uygun semivariogramı oluşturmak (Şekil 4.26 (a)) için değişkene ait toplam 13 değer (6., 15., 28., 31., 37., 59., 63., 68., 75., 78., 82., 111., 113. ve 116. değerler) yok kabul edilmiştir. Uygun bağlantı modeli küresel olup uzaysal bağımlılığın mesafesi (Range (Ao)) 60 m’dir (Tablo.4.12). Uygun bağlantı modeli kullanılarak hacim ağırlığı için nokta-krigleme yöntemi ile nokta tahmini yapıp, krigleme haritası çizilmiştir (Şekil 4.27). Krigleme ile nokta tahmini yapılırken, 200 m²’lik alanda 15 komşu nokta kullanılmıştır. Tahmin edilen değerlere ilişkin krigleme standart sapma haritası çizilmiştir (Şekil 4.28).

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistikî analiz sonuçları Tablo 4.13’ de verilmiştir. Hata değerlerine ait kareler ortalaması (MSE) 0.01 olarak bulunmuştur. Hacim ağırlığı için hata- tahmin grafiği Şekil 4.29’da ve hata değerlerine ait yüzey haritası ise Şekil 4.30’ da görülmektedir.



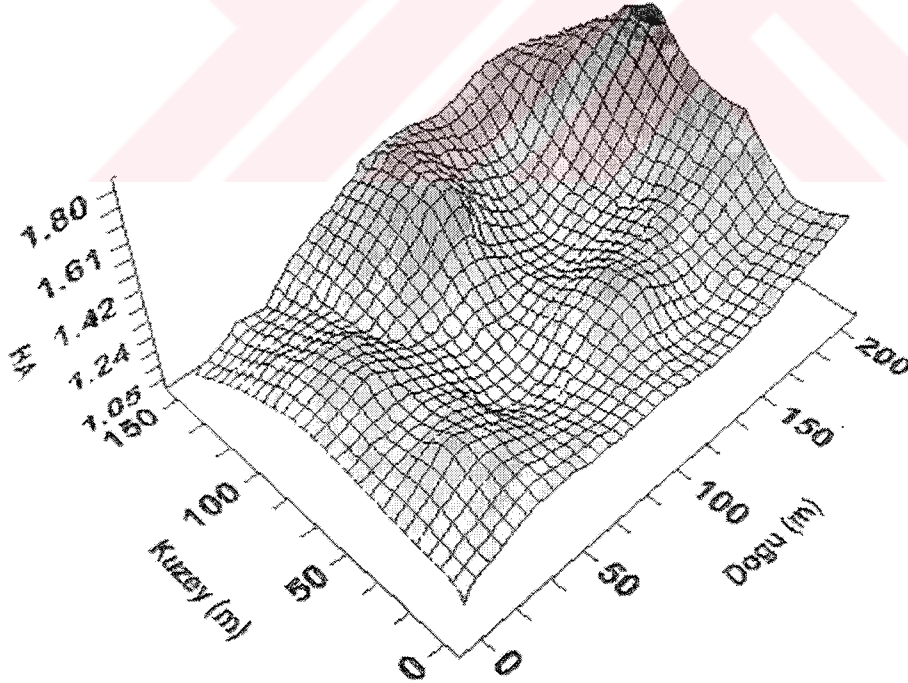
Şekil 4.25. Hacim ağırlığı için ölçülen değerlerin yüzey haritası



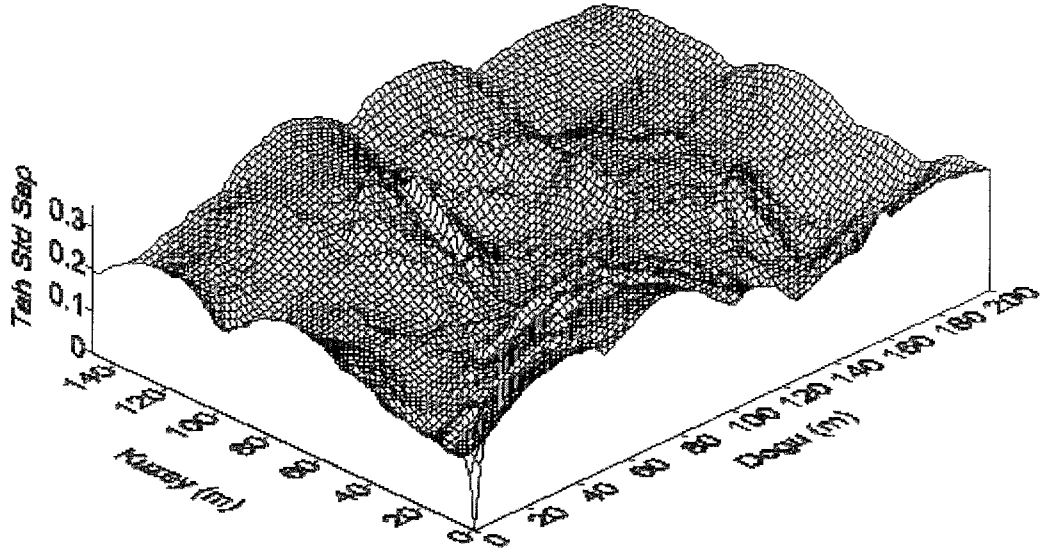
Şekil 4.26. Hacim ağırlığı (HA) için isotropik variogram (a) ve çapraz değerlendirme (b) grafikleri

Tablo 4.12. Hacim ağırlığı için isotropik variogram parametreleri

Model	Co (nugget)	Co+C (Sill)	Ao (m) (Range)	R^2	RSS
Küresel	0.0095	0.027	60.00	0.93	1.040E-05



Şekil 4.27. Nokta krigleme ile tahmin edilen hacim ağırlığı (HA) değerlerinin yüzey haritası



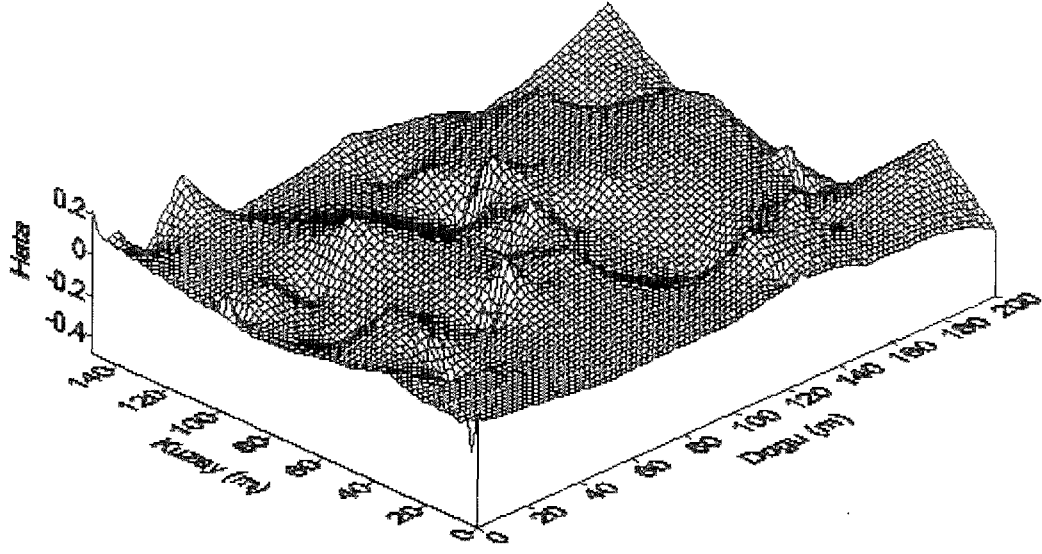
Şekil 4.28. Hacim ağırlığı için krigleme standart sapma (Tah Std Sap) değerlerine ilişkin yüzey haritası



Şekil 4.29. Hacim ağırlığı için tahmin- hata grafiği

Tablo 4.13. Hacim Ağırlığı için ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistikî analiz sonuçları

	Ölçülen	Tahmini	Hata
Ortalama	1.30	1.30	0.00
Standart Hata	0.02	0.01	0.01
Ortanca	1.29	1.27	0.02
Standart Sapma	0.18	0.12	0.13
Örnek Varyans	0.03	0.01	0.02
Basıklık	1.52	-0.23	0.89
Çarpıklık	0.83	0.26	-0.57
En Büyük	0.89	1.05	-0.49
En Küçük	1.99	1.62	0.23
Örnek Sayısı	102	102	102

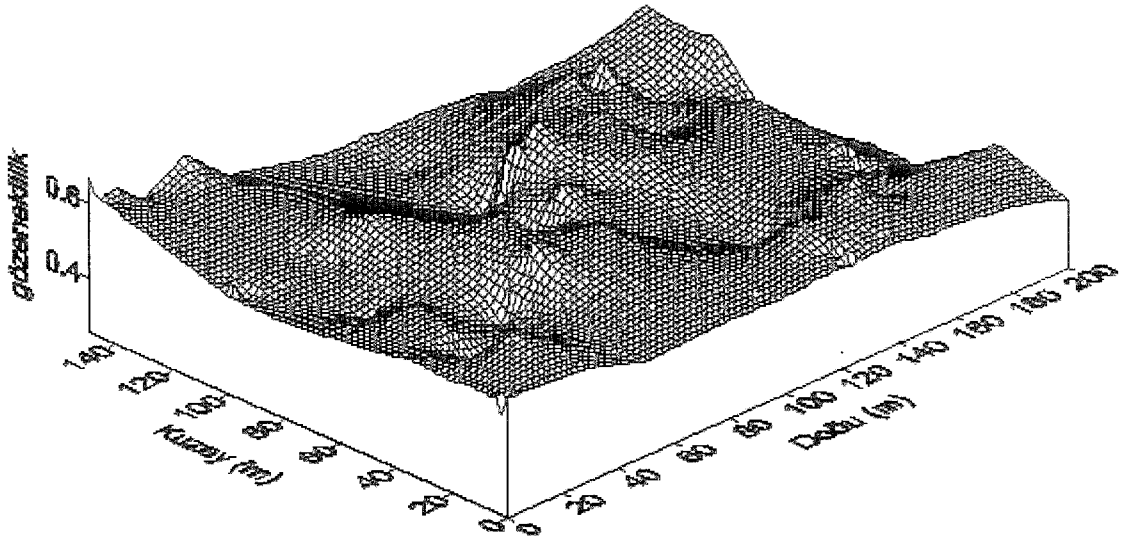


Şekil 4.30. Hacim ağırlığı için krigleme hata değerlerinin arazi boyunca değişim deseni

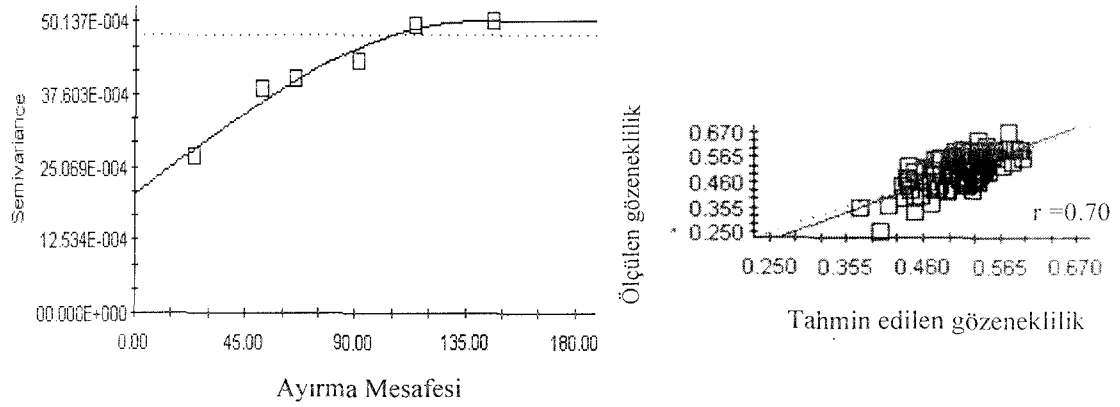
4.2.6. Gözeneklilik

Gözenekliliğe ilişkin ölçülen değerlerin yüzey haritası Şekil 4.31' de görülmektedir. Gözeneklilik için uygun semivariogram için aktif lag mesafesi 8m ve lag aralıkları ise 40, 60, 70, 110 ve 120 m olarak belirlenmiştir. Oluşturulan semivariogram, çapraz değerlendirme ile kontrol edilmiştir. Çapraz değerlendirme yapılırken, ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında daha iyi bir ilişki bulmak (Şekil 4.32 (b)) ve en uygun semivariogramı oluşturmak (Şekil 4.32 (a)) için değişkene ait toplam 15 değer (6., 20., 28., 31., 59., 63., 68., 75., 78., 97., 98., 109., 111., 113. ve 116. değerler) yok kabul edilmiştir. Uygun bağlantı modeli küresel olup uzaysal bağımlılığın mesafesi (Range (λ_0)) 137.50 m'dir (Tablo.4.14). Uygun bağlantı modeli kullanılarak gözeneklilik için nokta-krigleme yöntemi ile nokta tahmini yapıp, krigleme haritası çizilmiştir (Şekil 4.33). Krigleme ile nokta tahmini yapılırken, 200 m²'lik alanda 17 komşu nokta kullanılmıştır. Tahmin edilen değerlere ilişkin krigleme standart sapma haritası çizilmiştir (Şekil 4.34).

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.15' de verilmiştir. Hata değerlerine ait kareler ortalaması (MSE) 0.00 olarak bulunmuştur. Gözeneklilik için hata- tahmin grafiği Şekil 4.35'de ve hata değerlerine ait yüzey haritası ise Şekil 4.36' de görülmektedir.



Şekil 4.31. Gözeneklilik için ölçülen değerlerin yüzey haritası



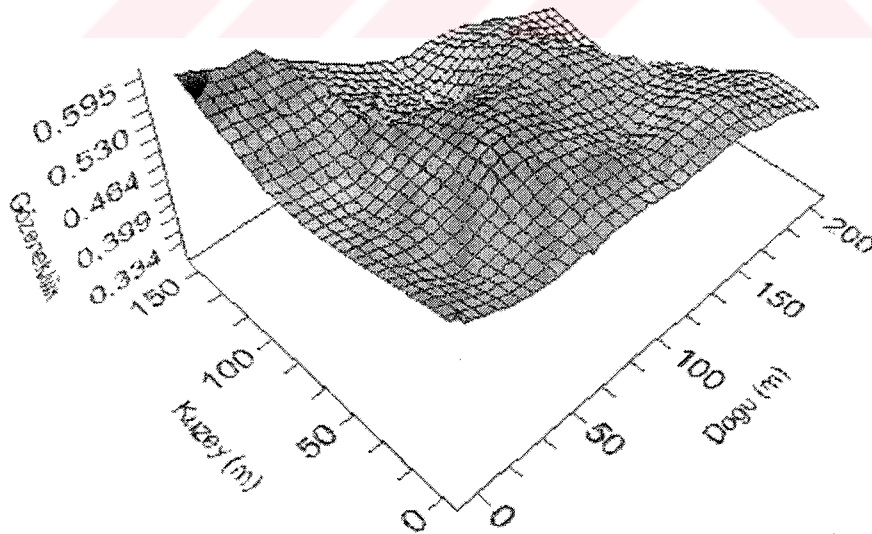
(a)

(b)

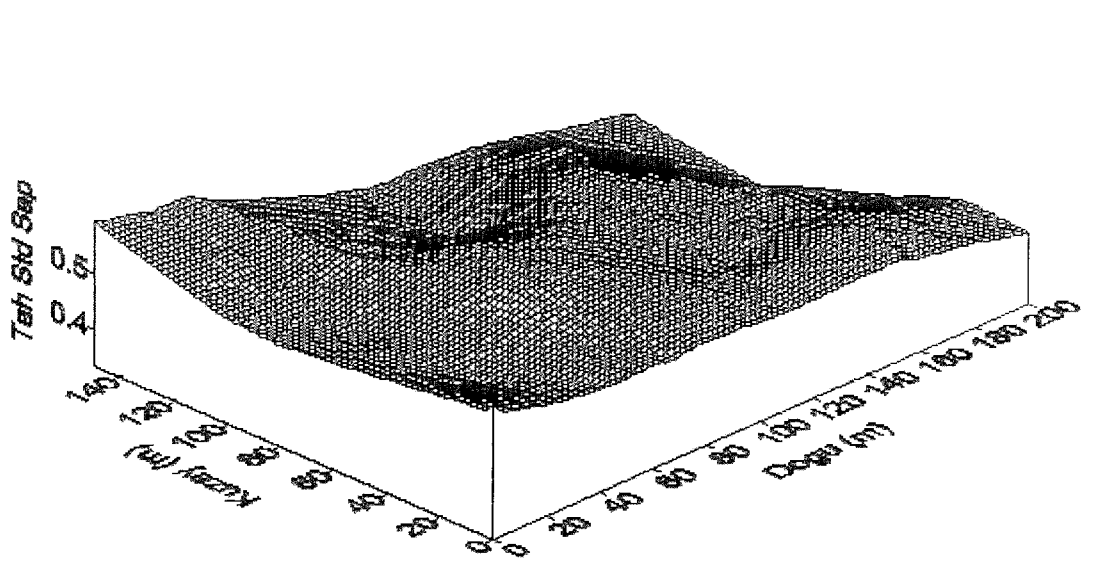
Şekil 4.32. Gözeneklilik için isotropik variogram (a) ve çapraz değerlendirme (b) grafikleri

Tablo 4.14. Gözenekliliğe ait isotropik variogram parametreleri

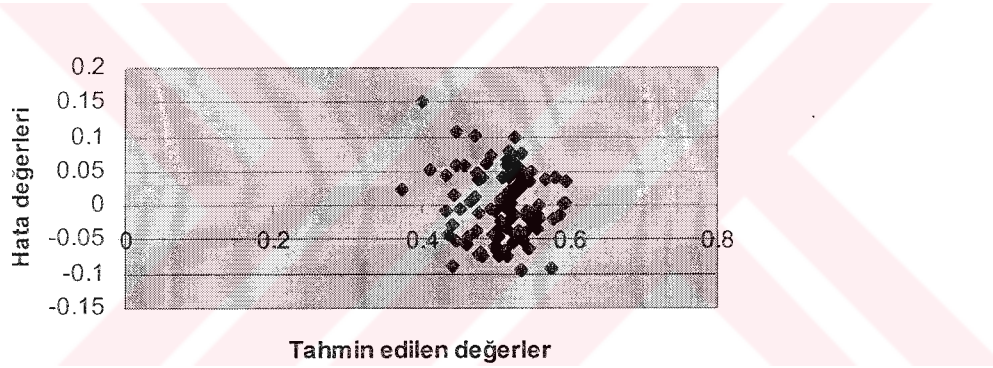
Model	Co (nugget)	Co+C (Sill)	Ao (m) (Range)	R^2	RSS
Küresel	0.0020	0.0050	137.50	0.97	1.199E-07



Şekil 4.33. Nokta krigleme ile tahmin edilen gözeneklilik değerlerinin yüzey haritası



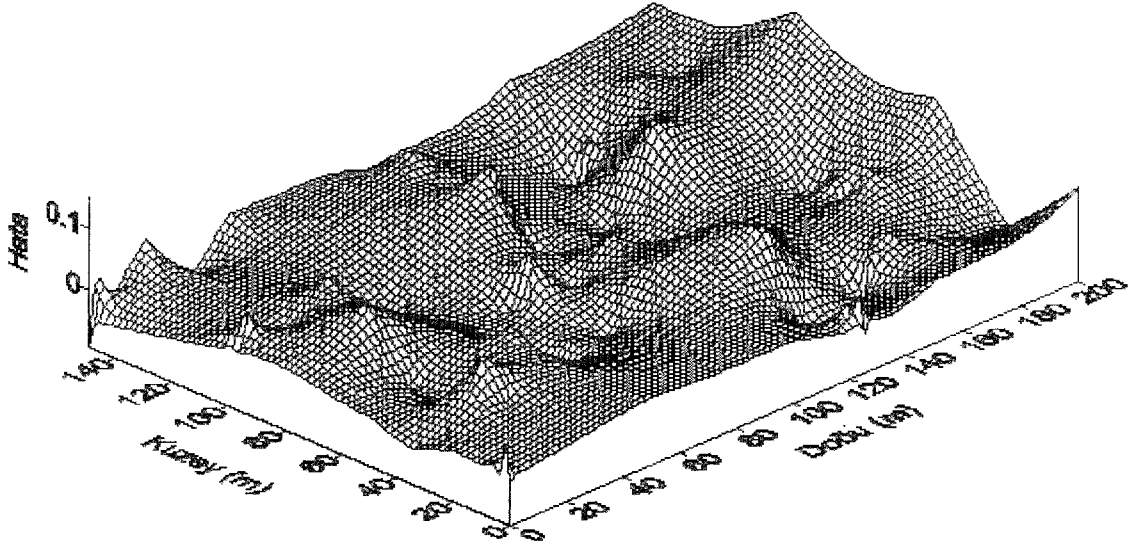
Şekil 4.34. Gözeneklilik için krigleme standart sapma (Tah Std Sap) değerlerine ilişkin yüzey haritası



Şekil 4.35. Gözeneklilik için tahmin- hata grafiği

Tablo 4.15. Gözeneklilik için ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistiksel analiz sonuçları

	Ölçülen	Tahmin	Hata
Ortalama	0.51	0.51	0.00
Standart Hata	0.01	0.00	0.00
Ortanca	0.51	0.52	0.00
Standart Sapma	0.07	0.04	0.05
Varyans	0.00	0.00	0.00
Basıklık	1.25	0.35	-0.15
Çarpıklık	-0.77	-0.48	0.26
En Büyük	0.25	0.37	-0.10
En Küçük	0.67	0.60	0.15
Örnek sayısı	101	101	101

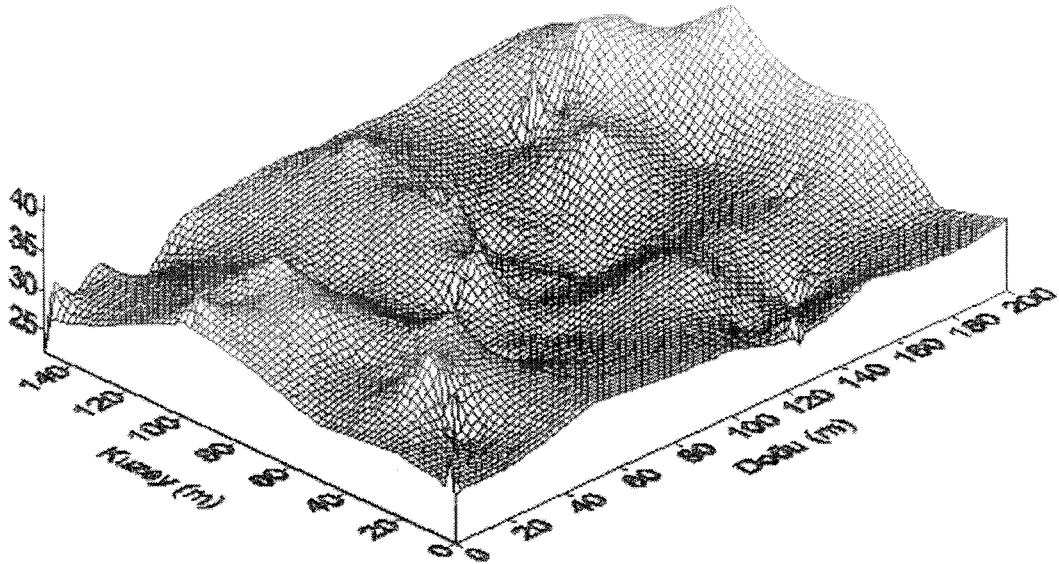


Şekil 4.36. Gözeneklilik için krigleme hata değerlerinin arazi boyunca değişim deseni

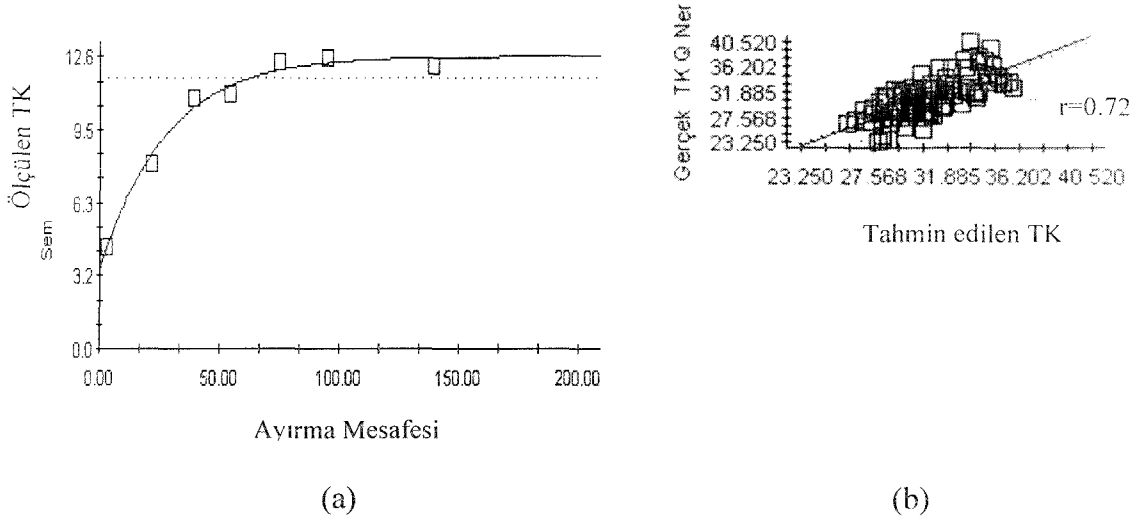
4.2.7. Tarla Kapasitesi Su İçeriği

Tarla kapasitesi su içeriğine ilişkin ölçülen değerlerin yüzey haritası Şekil 4.37’ de görülmektedir. Tarla kapasitesi için uygun semivariogram için aktif lag mesafesi 200 m ve lag aralıkları ise 5, 30, 50, 60, 90 ve 100 m olarak belirlenmiştir. Oluşturulan semivariogram, çapraz değerlendirme ile kontrol edilmiştir. Çapraz değerlendirme yapılırken, ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında daha iyi bir ilişki bulmak (Şekil 4.38 (b)) ve en uygun semivariogramı oluşturmak (Şekil 4.38 (a)) için değişkene ait toplam 21 değer (4., 7., 11., 15., 18., 19., 28., 31., 38., 44., 50., 55., 59., 62., 63., 68., 75., 81., 84., 111. ve 113. değerler) yok kabul edilmiştir. Uygun bağlantı modeli üssel modelle modellenmiş olup uzaysal bağımlılığın mesafesi (Range (Ao)) 81.6 m’dir (Tablo.4.16). Uygun bağlantı modeli kullanılarak tarla kapasitesi için nokta-krigleme yöntemi ile nokta tahmini yapıp, krigleme haritası çizilmiştir (Şekil 4.39). Krigleme ile nokta tahmini yapılırken, 200 m²’lik alanda 16 komşu nokta kullanılmıştır. Tahmin edilen değerlere ilişkin krigleme standart sapma haritası çizilmiştir (Şekil 4.40).

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerin tanımsal istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.17’ de verilmiştir. Hata değerlerine ait kareler ortalaması (MSE) 5.66 olarak bulunmuştur. Tarla kapasitesi için hata- tahmin grafiği Şekil 4.41’de ve hata değerlerine ait yüzey haritası ise Şekil 4.42’ de görülmektedir.



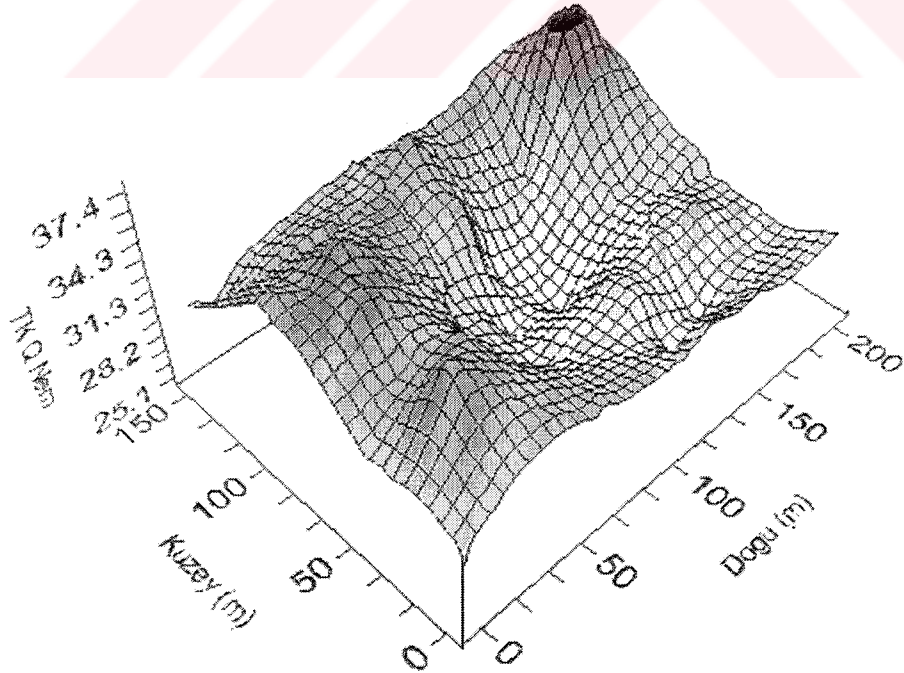
Şekil 4.37. Tarla kapasitesi su içeriği için ölçülen değerlerin yüzey haritası



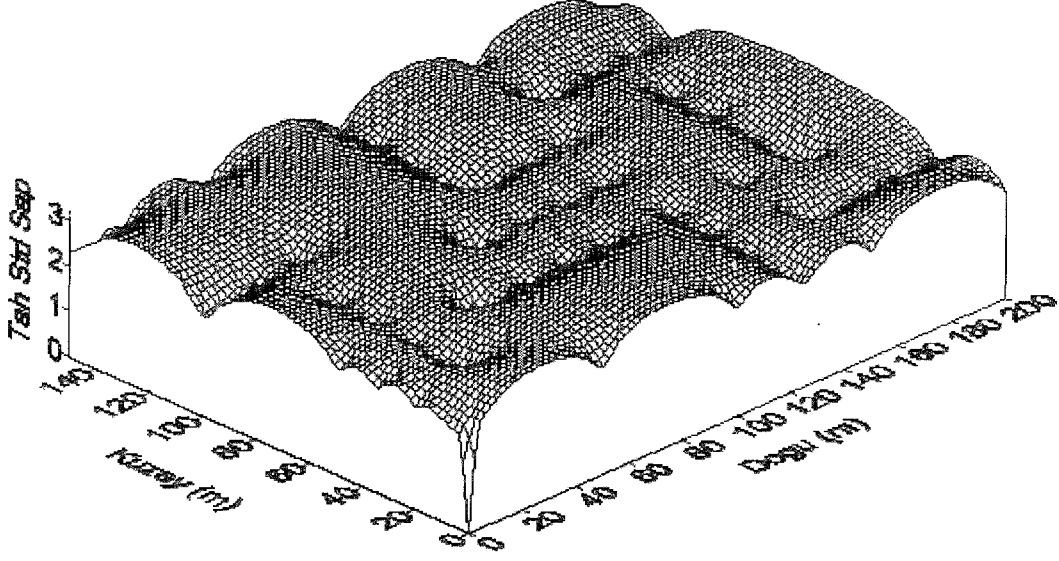
Şekil 4.38. Tarla kapasitesi su içeriği (TK) için isotropik variogram (a) ve çapraz değerlendirme (b) grafikleri

Tablo 4.16. Tarla kapasitesi su içeriği (TK) ait isotropik variogram parametreleri

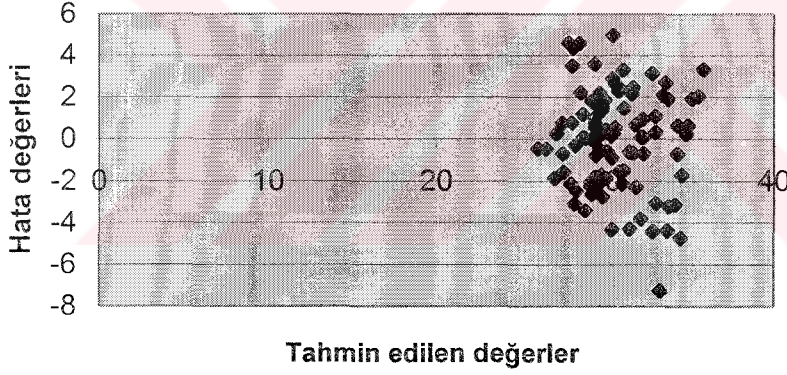
Model	Co (nugget)	Co+C (Sill)	Ao (m) (Range)	R^2	RSS
Üssel	3.36	12.61	27.20	0.99	0.73



Şekil 4.39. Nokta krigleme ile tahmin edilen tarla kapasitesi su içeriği değerlerinin yüzey haritası



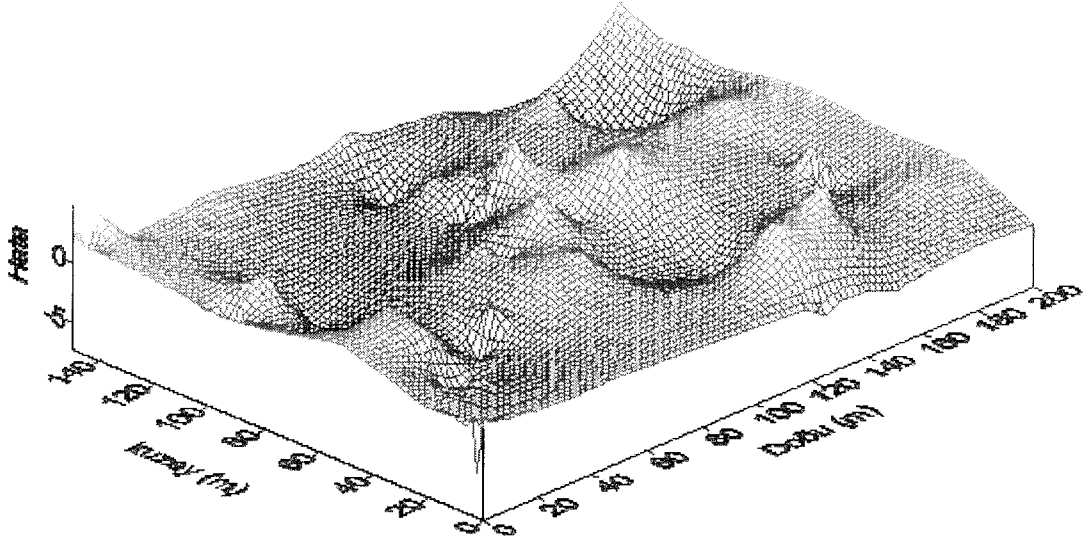
Şekil 4.40. Tarla kapasitesi su içeriği için krigeleme standart sapma (Tah Std Sap) değerlerine ilişkin yüzey haritası



Şekil. 4.41. Tarla kapasitesi su içeriği için tahmin- hata grafiği

Tablo 4.17. Tarla kapasitesi su içeriği için ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistiksel analiz sonuçları

	Ölçülen	Tahmin	Hata
Ortalama	30.71	30.67	-0.04
Standart Hata	0.35	0.23	0.25
Ortanca	30.28	30.38	0.14
Standart Sapma	3.41	2.25	2.39
Varyans	11.66	5.06	5.71
Basıklık	0.27	-0.55	-0.05
Çarpıklık	0.42	0.38	-0.28
En Büyük	23.25	26.05	-7.27
En Küçük	40.52	35.84	4.96
Örnek Sayısı	95	95	95

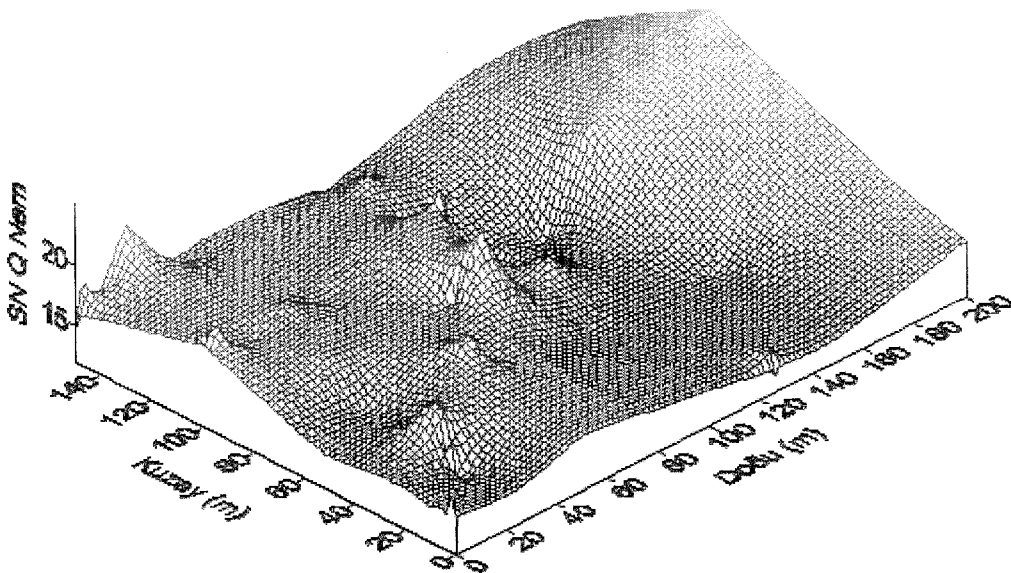


Şekil 4.42. Tarla kapasitesi su içeriği için krigleme hata değerlerinin arazi boyunca değişim deseni

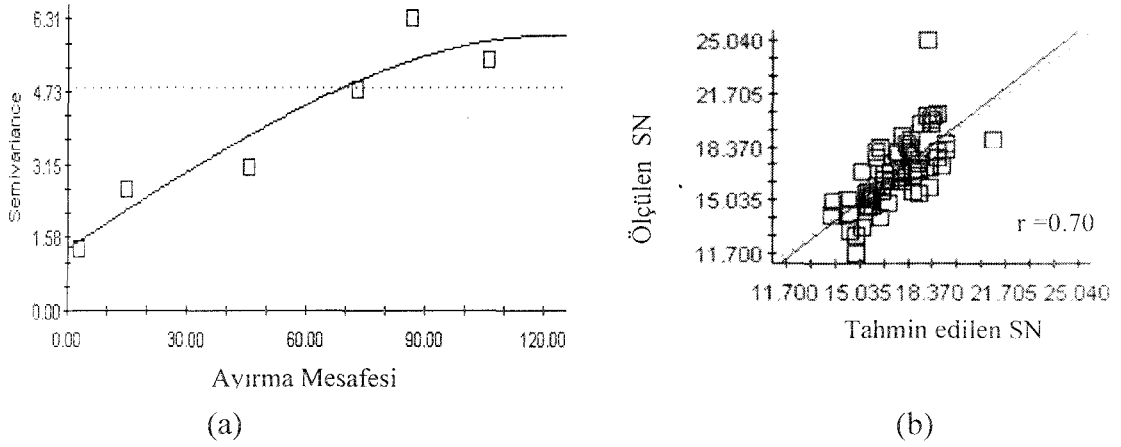
4.2.8. Solma Noktası Su İçeriği

Solma noktası su içeriğine ilişkin ölçülen değerlerin yüzey haritası Şekil 4.43' de görülmektedir. Solma noktası su içeriği için uygun semivariogram için aktif lag mesafesi 130 m ve lag aralıkları ise 5, 25, 65, 80 ve 90 m olarak belirlenmiştir. Oluşturulan semivariogram, çapraz değerlendirme ile kontrol edilmiştir. Çapraz değerlendirme yapılırken, ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında daha iyi bir ilişki bulmak (Şekil 4.44 (b)) ve en uygun semivariogramı oluşturmak (Şekil 4.44 (a)) için değışkene ait toplam 17 değer (4., 11., 15., 28., 31., 35., 38., 49., 59., 62., 63., 65., 68., 70., 75., 82. ve 83. değerler) yok kabul edilmiştir. Uygun bağlantı modeli küresel olup uzaysal bağımlılığın mesafesi (Range (Ao)) 123.30 m'dir (Tablo 4.18). Uygun bağlantı modeli kullanılarak solma noktası su içeriği için nokta-krigleme yöntemi ile nokta tahmini yapıp, krigleme haritası çizilmiştir (Şekil 4.45). Krigleme ile nokta tahmini yapılırken, 200 m²'lik alanda 14 komşu nokta kullanılmıştır. Tahmin edilen değerlere ilişkin krigleme standart sapma haritası çizilmiştir (Şekil 4.46).

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistiki analiz sonuçları Tablo 4.19'da verilmiştir. Hata değerlerine ait kareler ortalaması (MSE) 2.41 olarak bulunmuştur. Solma noktası su içeriği için hata- tahmin grafiğı Şekil 4.47'de ve hata değerlerine ait yüzey haritası ise Şekil 4.48' de görülmektedir.



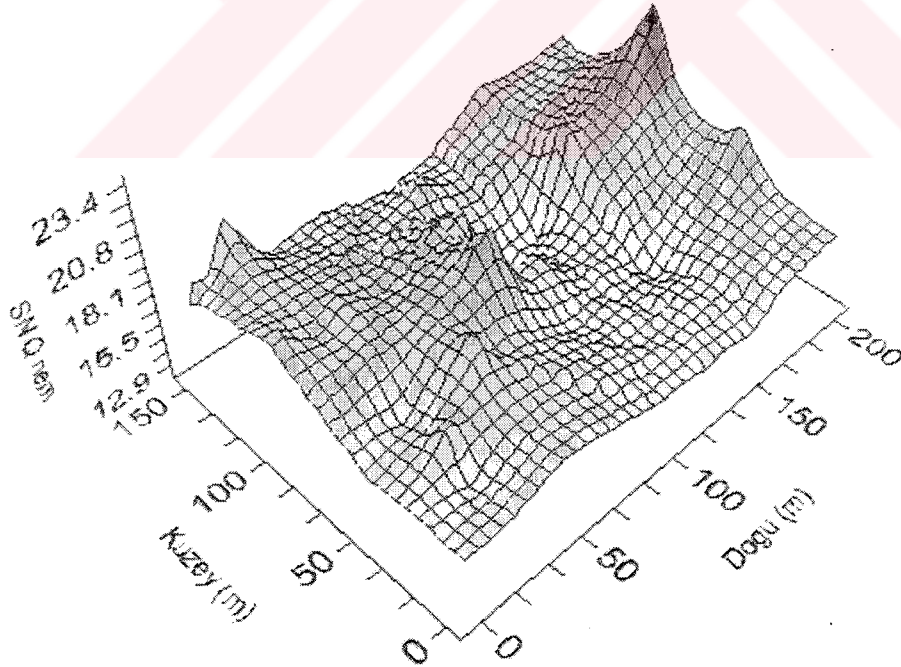
Şekil 4.43. Solma noktası su içeriği (SN) için ölçülen değerlerin yüzey haritası



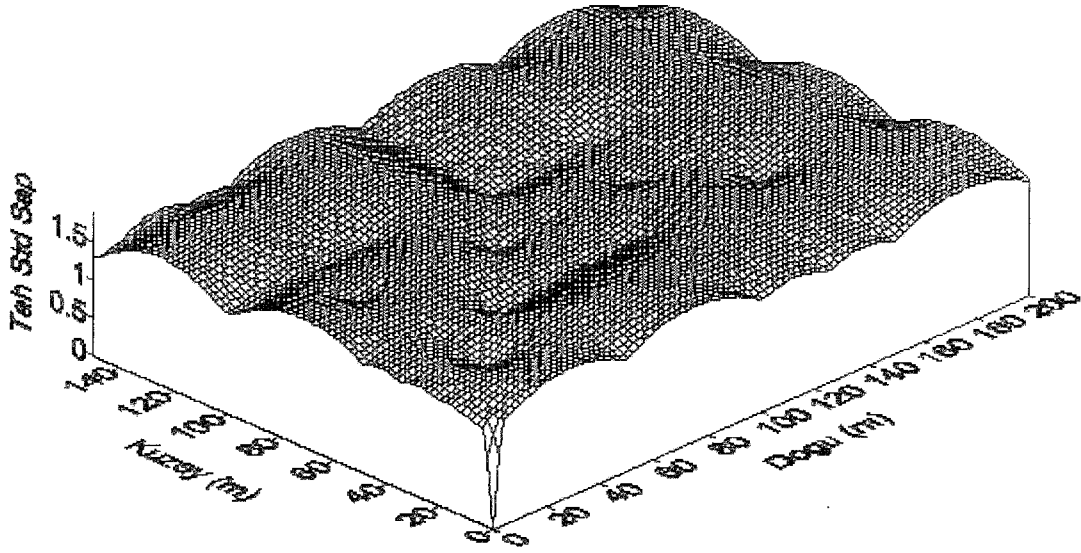
Şekil 4.44. Solma noktası su içeriği (SN) için isotropik variogram (a) ve çapraz değerlendirme (b) grafikleri

Tablo 4.18. Solma noktası su içeriği (SN) için isotropik variogram parametreleri

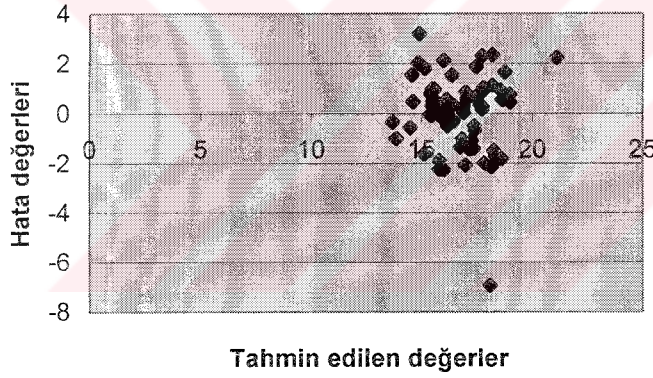
Model	Co (nugget)	Co+C (Sill)	Ao (m) (Range)	R ²	RSS
Küresel	1.33	5.95	123.30	0.90	1.70



Şekil 4.45. Nokta krigleme ile tahmin edilen Solma noktası su içeriği (SN) değerlerinin yüzey haritası



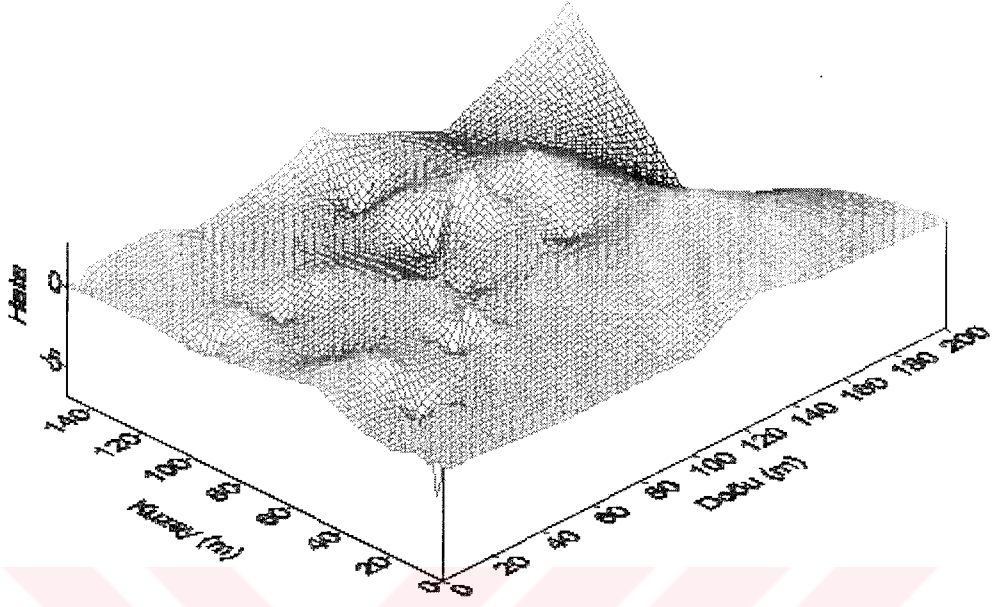
Şekil 4.46. Solma noktası su içeriği için krigleme standart sapma (Tah Std Sap) değerlerine ilişkin yüzey haritası



Şekil 4.47. Solma noktası su içeriği için hata- tahmin grafiği

Tablo 4.19. Solma noktası su içeriği için ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistiksel analiz sonuçları

	Ölçülen	Tahmin	Hata
Ortalama	16.78	16.76	-0.02
Standart Hata	0.27	0.18	0.19
Ortanca	16.76	16.89	0.26
Standart Sapma	2.19	1.43	1.57
Varyans	4.80	2.06	2.45
Basıklık	2.06	0.00	4.60
Çarpıklık	0.64	0.16	-1.25
En Büyük	11.70	13.71	-6.95
En Küçük	25.04	21.08	3.18
Örnek Sayısı	66	66	66

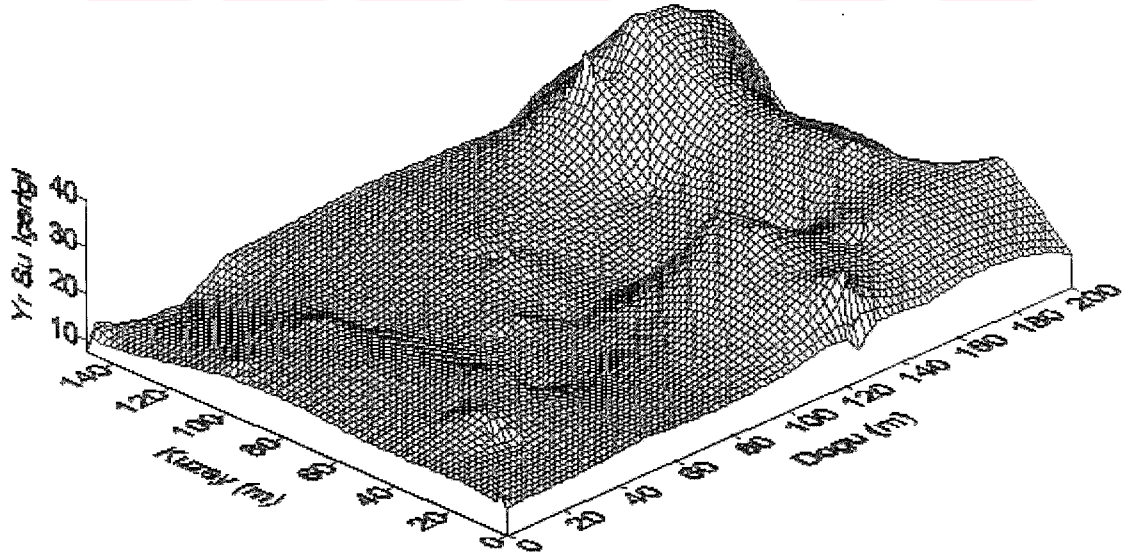


Şekil 4.48. Solma noktası su içeriği için krigleme hata değerlerinin arazi boyunca değişim deseni

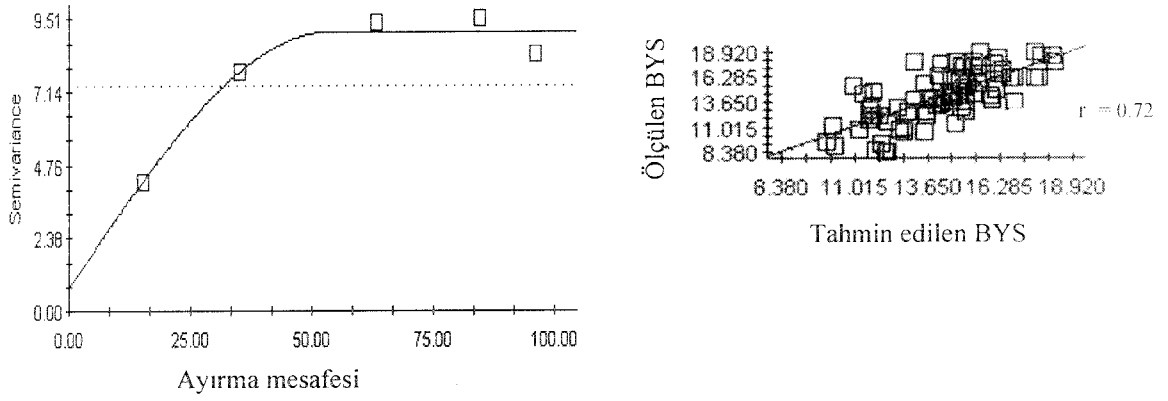
4.2.9. Bitkiye Yarayışlı Su İçeriği

Bitkiye yarayışlı su içeriğine ilişkin ölçülen değerlerin yüzey haritası Şekil 4.49' de görülmektedir. Bitkiye yarayışlı su içeriği için uygun semivariogram için aktif lag mesafesi 100m ve lag aralıkları ise 30, 40, 80, 90 ve 100 m olarak belirlenmiştir. Oluşturulan semivariogram, çapraz değerlendirme ile kontrol edilmiştir. Çapraz değerlendirme yapılırken, ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında daha iyi bir ilişki bulmak (Şekil 4.50 (b)) ve en uygun semivariogramı oluşturmak (Şekil 4.50 (a)) için değişkene ait toplam 7 değer (4., 7., 28., 31., 44., 68. ve 75. değerler) yok kabul edilmiştir. Uygun bağlantı modeli küresel olup uzaysal bağımlılığın mesafesi (Range (Ao)) 74.30 m'dir (Tablo 4.20). Uygun bağlantı modeli kullanılarak bitkiye yarayışlı su içeriği için nokta-krigleme yöntemi ile nokta tahmini yapılıp, krigleme haritası çizilmiştir (Şekil 4.51). Krigleme ile nokta tahmini yapılırken, 200 m²'lik alanda 16 komşu nokta kullanılmıştır. Tahmin edilen değerlere ait ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistiki analiz sonuçları standart sapması haritası çizilmiştir (Şekil 4.52).

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistiki analiz sonuçları Tablo 4.21' de verilmiştir. Hata değerlerine ait kareler ortalaması (MSE) 3.52 olarak bulunmuştur. Bitkiye yarayışlı su içeriği için hata- tahmin grafiği Şekil 4.53'de ve hata değerlerine ait yüzey haritası ise Şekil 4.54' de görülmektedir.



Şekil 4.49. Bitkiye yarayışlı su içeriği için ölçülen değerlerin yüzey haritası



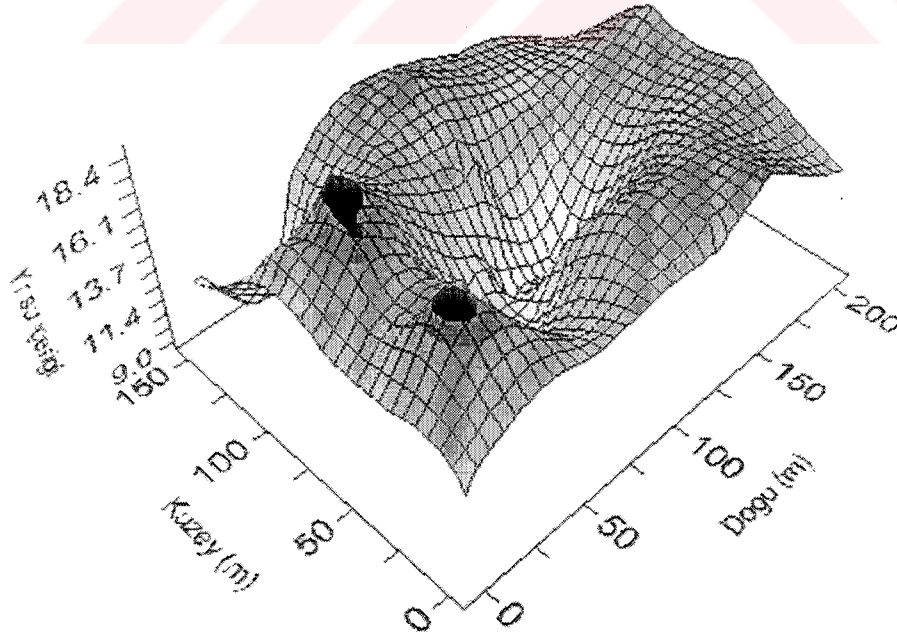
(a)

(b)

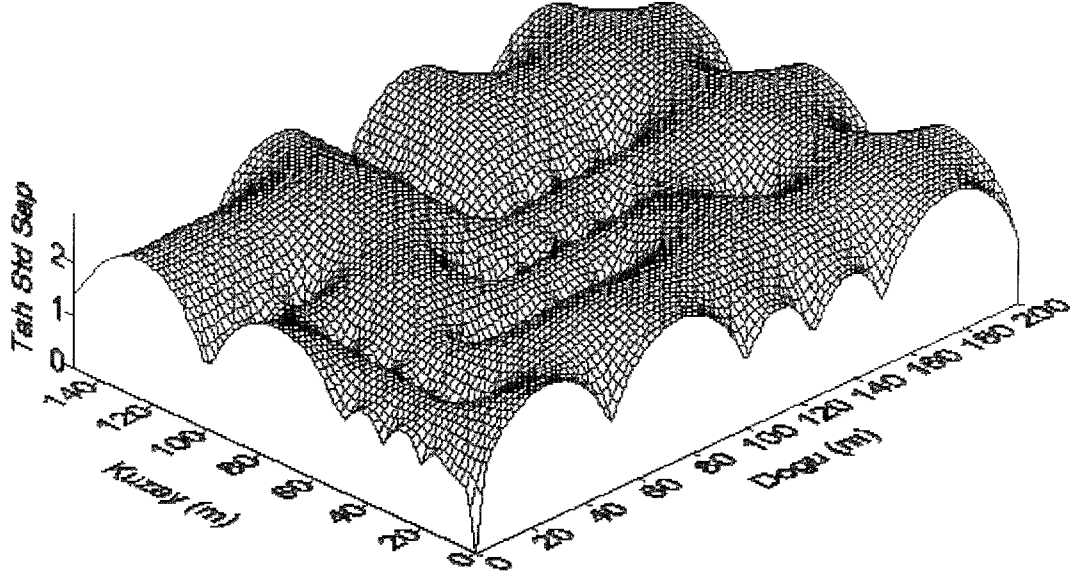
Şekil 4.50. Bitkiye yarayışlı su içeriği (BYS) için isotropik variogram (a) ve çapraz değerlendirme (b) grafikleri

Tablo 4.20. Bitkiye yarayışlı su içeriği (BYS) için isotropik variogram parametreleri

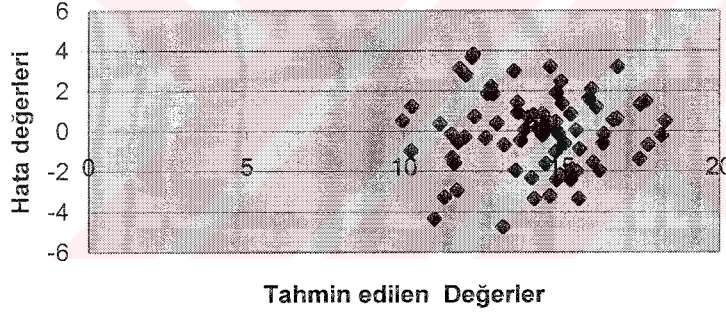
Model	Co (nugget)	Co+C (Sill)	Ao (m) (Range)	R^2	RSS
Küresel	0.76	9.09	53.50	0.96	0.84



Şekil 4.51. Nokta krigleme ile tahmin edilen bitkiye yarayışlı su içeriği değerlerinin yüzey haritası



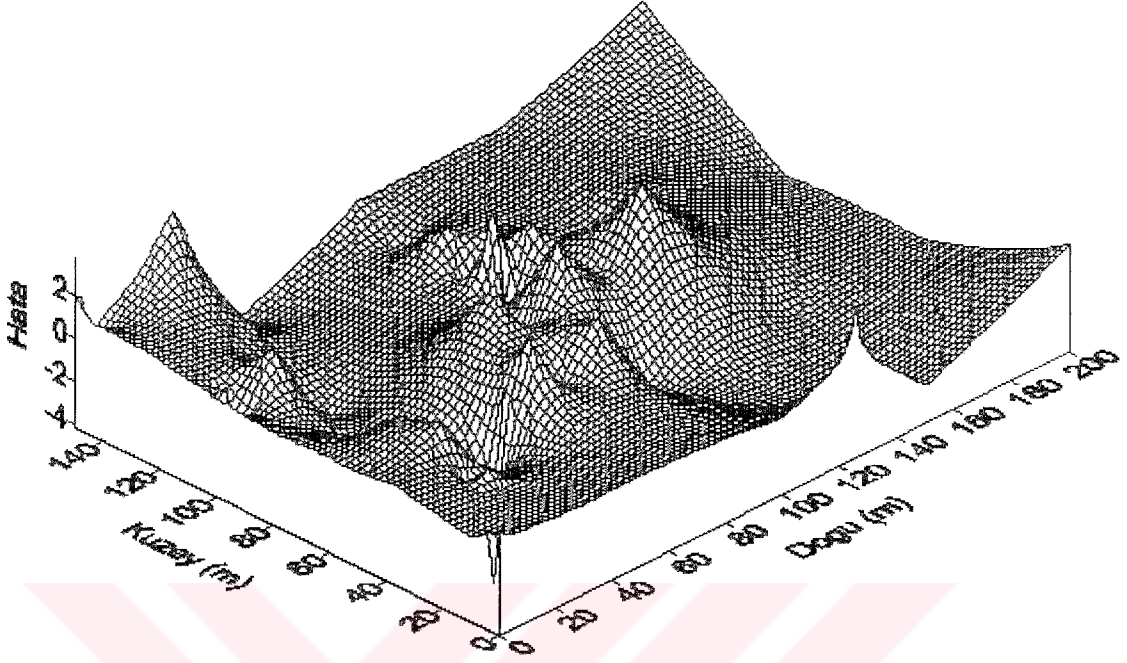
Şekil 4.52. Bitkiye yarayışlı su içeriği için krigeleme standart sapma (Tah Std Sap) değerlerine ilişkin yüzey haritası



Şekil. 4.53. Bitkiye yarayışlı nem içeriği için tahmin- hata grafiği

Tablo 4.21. Bitkiye yarayışlı su içeriği için ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistiksel analiz sonuçları

	Ölçülen	Tahmini	Hata
Ortalama	14.27	14.21	-0.05
Standart Hata	0.31	0.23	0.22
Ortanca	14.32	14.50	0.06
Standart Sapma	2.71	1.98	1.89
Varyans	7.34	3.92	3.56
Basıklık	-0.58	-0.52	-0.18
Çarpıklık	-0.31	-0.09	-0.19
En Büyük	8.38	9.96	-4.74
En Küçük	18.92	18.30	3.83
Örnek Sayısı	76	76	76

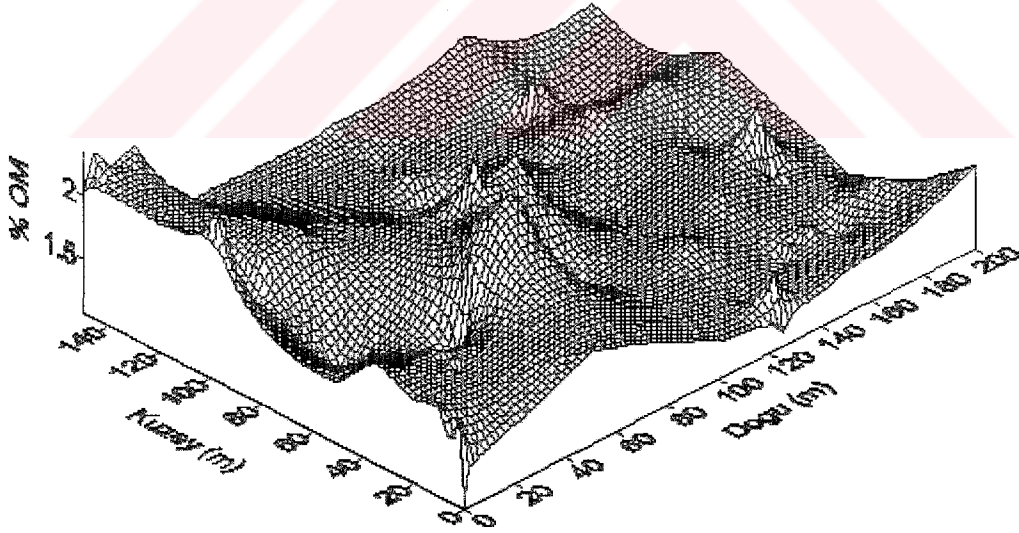


Şekil 4.54. Bitkiye yarayışlı su içeriği için krigleme hata değerlerinin arazi boyunca değişim deseni

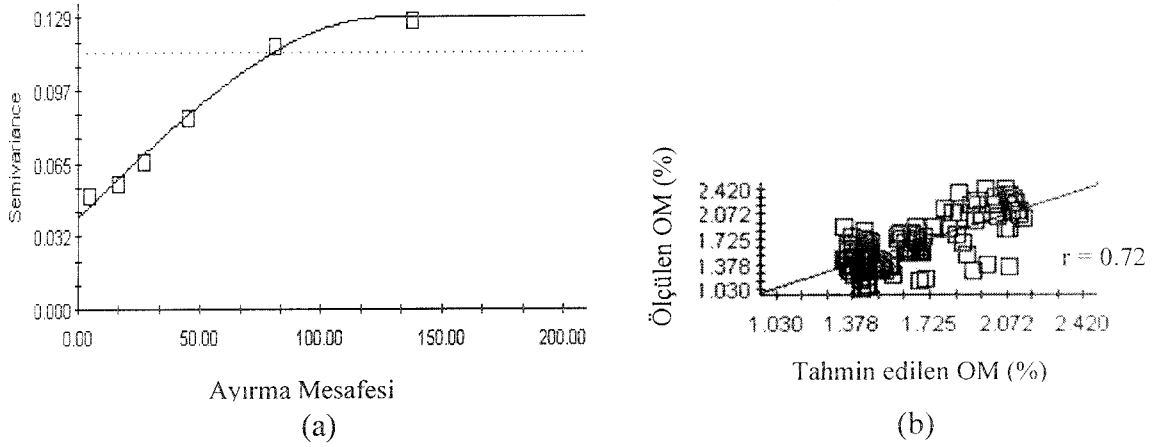
4.2.10. Organik Madde

Organik maddeye (%) ilişkin ölçülen değerlerin yüzey haritası Şekil 4.55' de görülmektedir. Organik madde için uygun semivariogram için aktif lag mesafesi 200 m ve lag aralıkları ise 10, 20, 30, 60, ve 100 m olarak belirlenip semivariogram Şekil 4.56 (a)) oluşturulmuştur. Çapraz değerlendirme sonucunda ise $r=0.72$ (Şekil 4.56 (b)) olarak bulunmuştur. Uygun bağlantı modeli küresel olup uzaysal bağımlılığın mesafesi (Range (Ao)) 126.60 m'dir (Tablo.4.22). Uygun bağlantı modeli kullanılarak organik madde için nokta-krigleme yöntemi ile nokta tahmini yapılp, krigleme haritası çizilmiştir (Şekil 4.57). Krigleme ile nokta tahmini yapılırken, 200 m²'lik alanda 14 komşu nokta kullanılmıştır. Tahmin edilen değerlere ilişkin krigleme standart sapma haritası çizilmiştir (Şekil 4.58).

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistiki analiz sonuçları Tablo 4.23' de verilmiştir. Hata değerlerine ait kareler ortalaması (MSE) 0.05 olarak bulunmuştur. Organik madde için hata- tahmin grafiği Şekil 4.59'da ve hata değerlerine ait yüzey haritası ise Şekil 4.60' da görülmektedir.



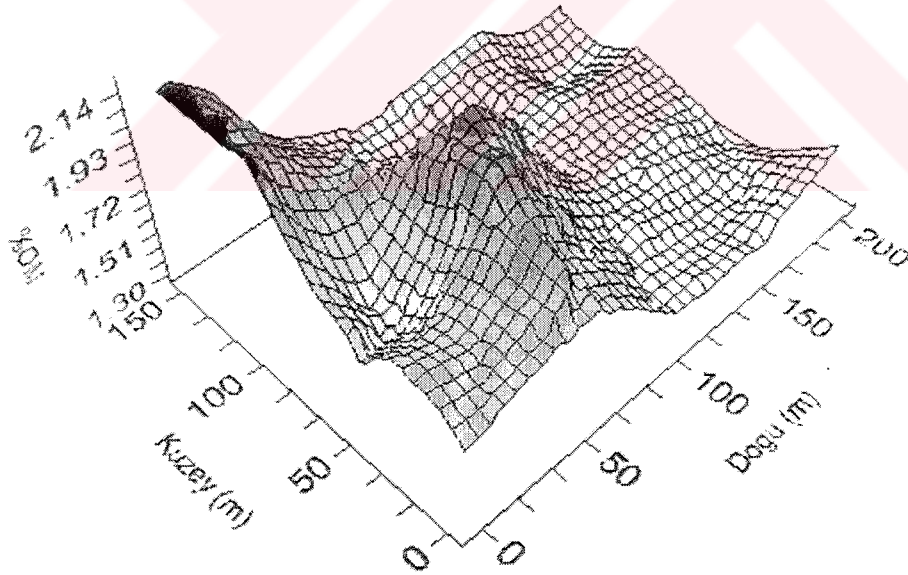
Şekil 4.55. Organik madde (%) için ölçülen değerlerin yüzey haritası



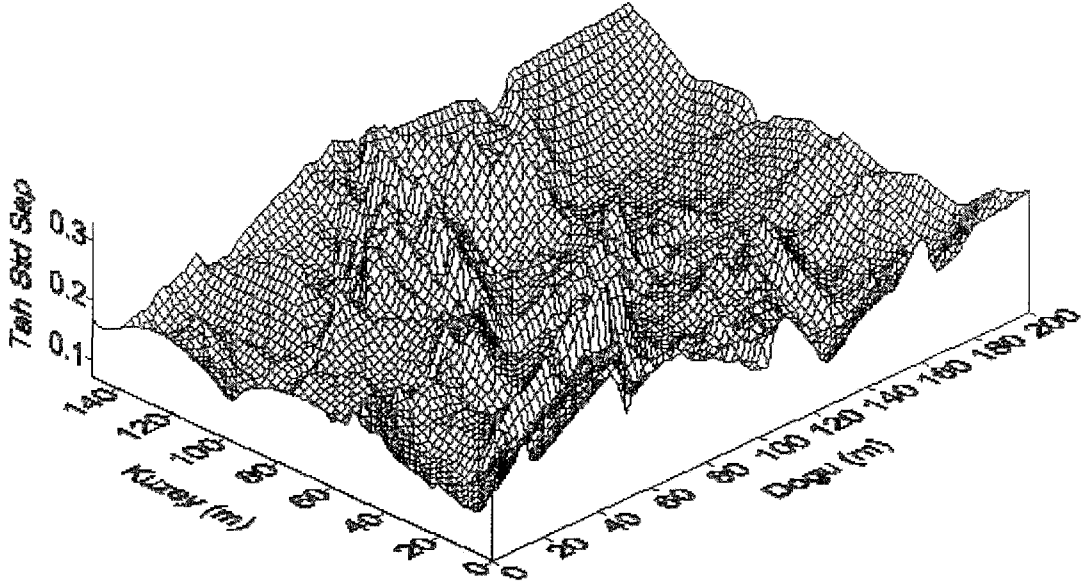
Şekil 4.56. Organik madde (OM (%)) için isotropik variogram (a) ve çapraz değerlendirme (b) grafikleri

Tablo 4.22. Organik madde (OM (%)) için isotropik variogram parametreleri

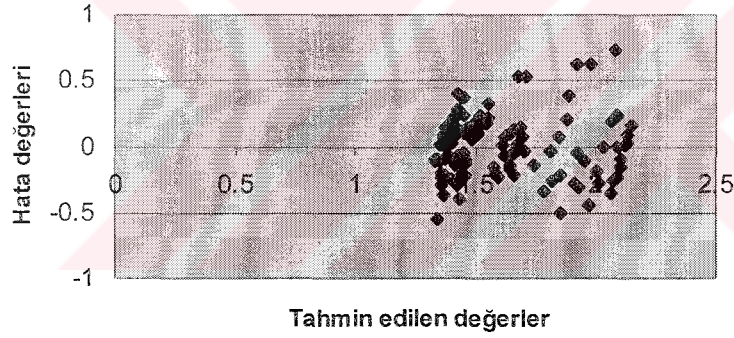
Model	Co (nugget)	Co+C (Sill)	Ao (Range)	R ²	RSS
Küresel	0.0406	0.1292	126.70	0.990	5.294E-05



Şekil 4.57. Nokta krigleme ile tahmin edilen Organik madde (%OM) değerlerinin yüzey haritası



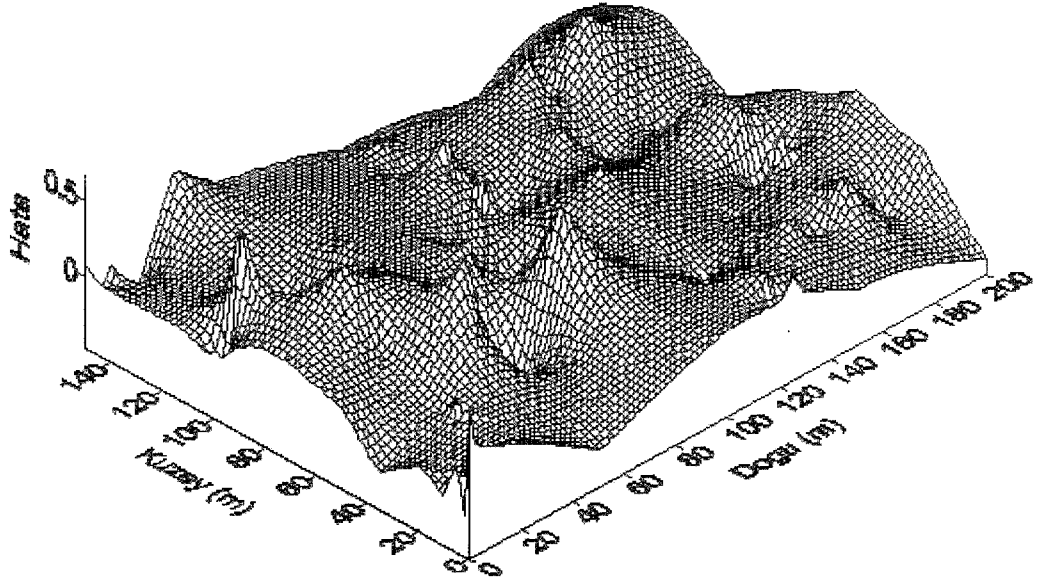
Şekil 4.58. Organik madde için krigleme standart sapma (Tah Std Sap) değerlerine ilişkin yüzey haritası



Şekil 4.59. Organik Madde için tahmin- hata grafiği

Tablo 4.23. Organik Madde için ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistikî analiz sonuçları

	Ölçülen	Tahmini	Hata
Ortalama	1.62	1.62	0.00
Standart Hata	0.03	0.02	0.02
Ortanca	1.56	1.51	0.00
Standart Sapma	0.34	0.25	0.24
Varyans	0.11	0.06	0.06
Basıklık	-0.43	-0.74	0.61
Çarpıklık	0.61	0.80	0.48
En Büyük	1.03	1.34	-0.55
En Küçük	2.42	2.15	0.73
Örnek Sayısı	116	116	116

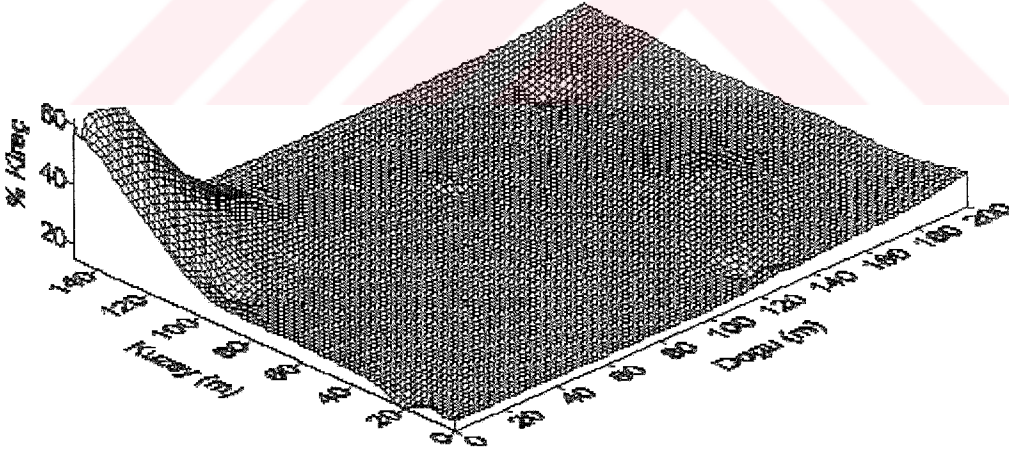


Şekil 4.60. Organik madde için krigleme hata değerlerinin arazi boyunca değişim deseni

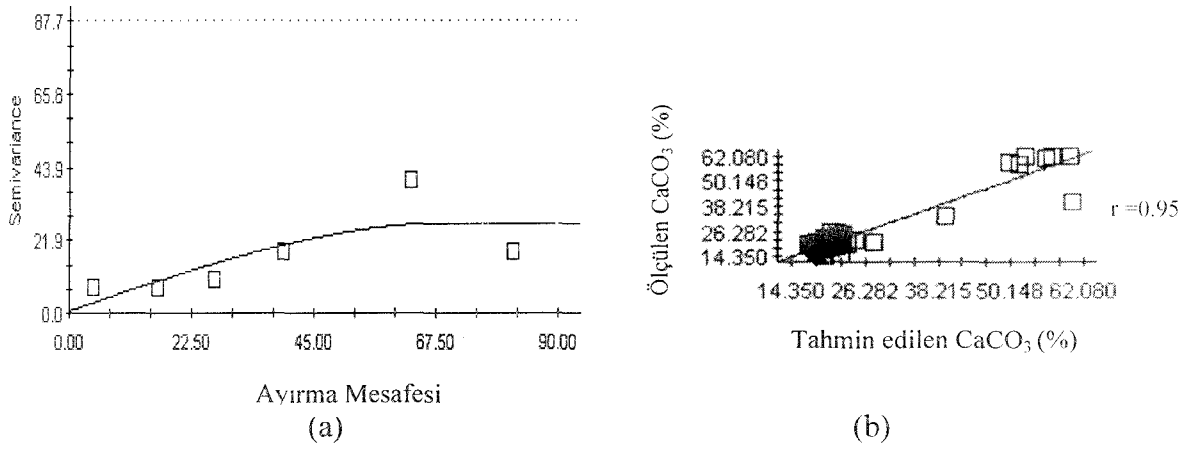
4.2.11. CaCO₃ İçeriği

CaCO₃ (%)’e ilişkin ölçülen değerlerin yüzey haritası Şekil 4.61’ de görülmektedir. CaCO₃ (%) için uygun semivariogram için aktif lag mesafesi 80 m ve lag aralıkları ise 10, 25, 30, 40, 50, 65 ve 70 m olarak belirlenip, semivariogram (Şekil 4.62 (a)) oluşturulmuştur. Çapraz değerlendirme sonucunda $r=0.95$ bulunmuştur (Şekil 4.62 (b)). Uygun bağlantı modeli küresel olup uzaysal bağımlılığın mesafesi (Range (Ao)) 70.80 m’dir (Tablo.4.24). Uygun bağlantı modeli kullanılarak CaCO₃ (%) için nokta-krigleme yöntemi ile nokta tahmini yapıp, krigleme haritası çizilmiştir (Şekil 4.63). Krigleme ile nokta tahmini yapılırken, 200 m²’lik alanda 19 komşu nokta kullanılmıştır. Tahmin edilen değerlere ilişkin krigleme standart sapma haritası çizilmiştir (Şekil 4.64).

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.25’ de verilmiştir. Hata değerlerine ait kareler ortalaması (MSE) 8.84 olarak bulunmuştur. CaCO₃ (%) için hata- tahmin grafiği Şekil 4.65’de ve hata değerlerine ait yüzey haritası ise Şekil 4.66’ da görülmektedir.



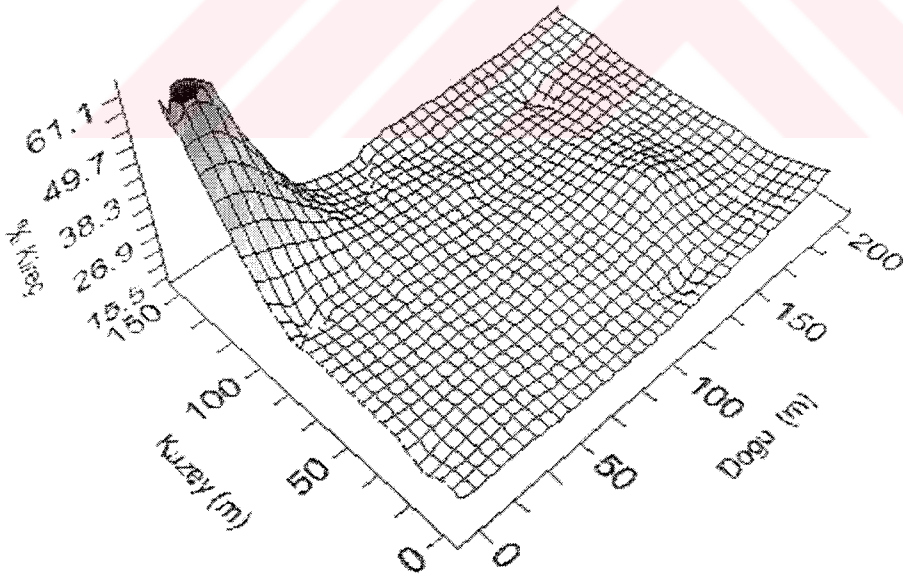
Şekil 4.61. CaCO₃ (%) için ölçülen değerlerin yüzey haritası



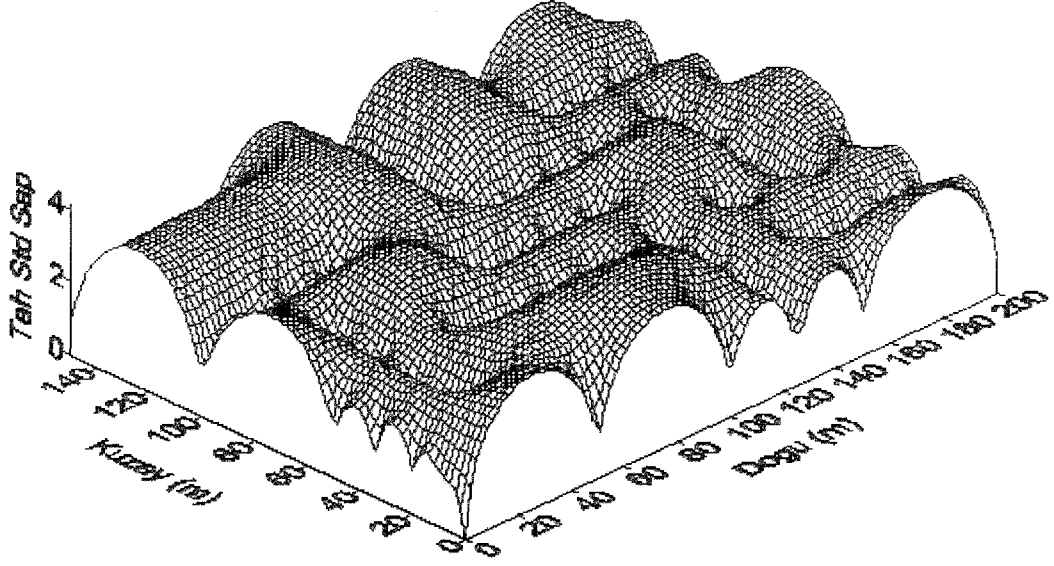
Şekil 4.62 CaCO₃ (%) için isotropik variogram (a) ve çapraz değerlendirme (b) grafikleri

Tablo 4.24. CaCO₃ (%) için isotropik variogram parametreleri

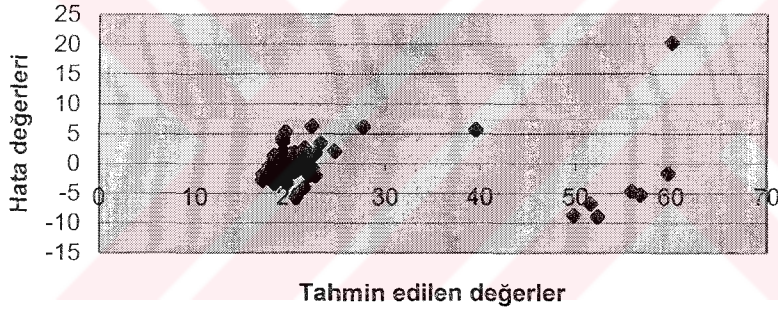
Model	Co (nugget)	Co+C (Sill)	Ao (Range)	R ²	RSS
Küresel	0.61	27.16	70.80	0.59	314.0



Şekil 4.63. Nokta krigleme ile tahmin edilen CaCO₃ (%) değerlerinin yüzey haritası



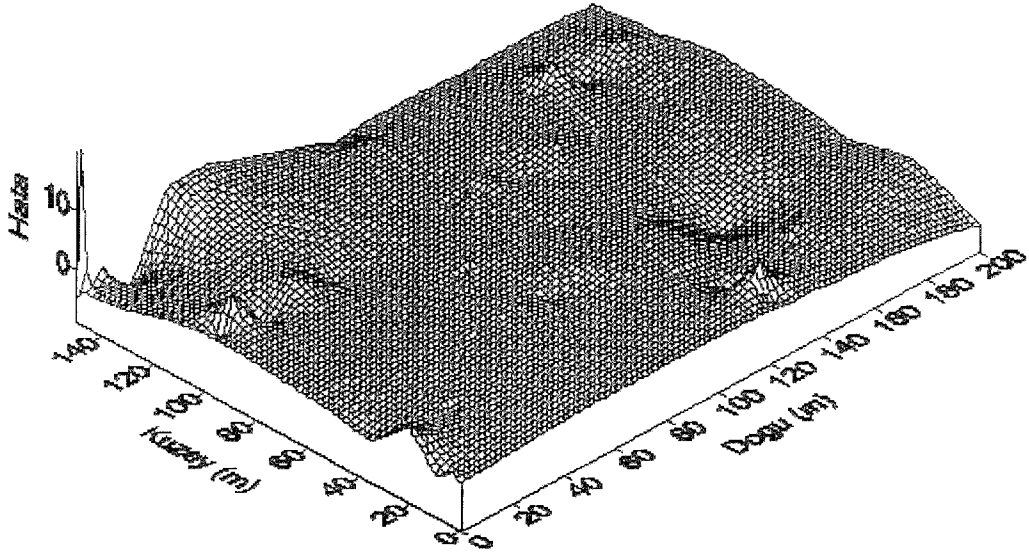
Şekil 4.64. CaCO₃ (%) için krigleme standart sapma (Tah Std Sap) değerlerine ilişkin yüzey haritası



Şekil 4.65. CaCO₃ (%) ait tahmin- hata grafiği

Tablo 4.25. CaCO₃ (%) için ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistiki analiz sonuçları

	Ölçülen	Tahmini	Hata
Ortalama	22.40	22.33	-0.07
Standart Hata	0.87	0.81	0.28
Ortanca	19.99	19.90	-0.03
Standart Sapma	9.37	8.72	2.99
Varyans	87.72	76.07	8.92
Basıklık	12.08	10.95	18.90
Çarpıklık	3.59	3.47	2.34
En Büyük	14.35	17.07	-8.94
En Küçük	62.08	60.02	20.19
Örnek Sayısı	116	116	116

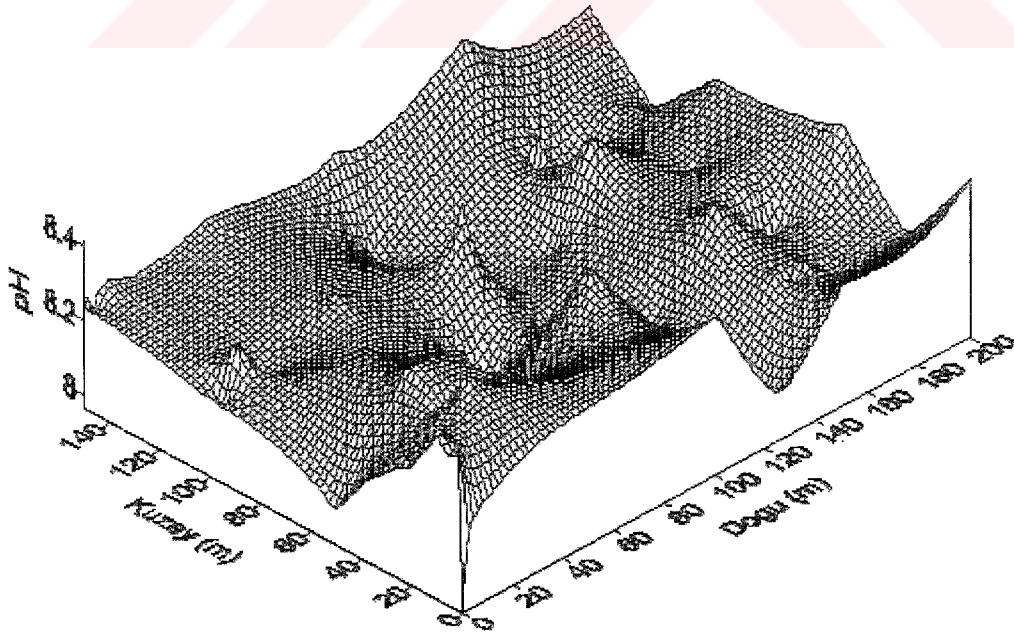


Şekil 4.66. CaCO_3 (%) için krigleme hata değerlerinin arazi boyunca değişim deseni

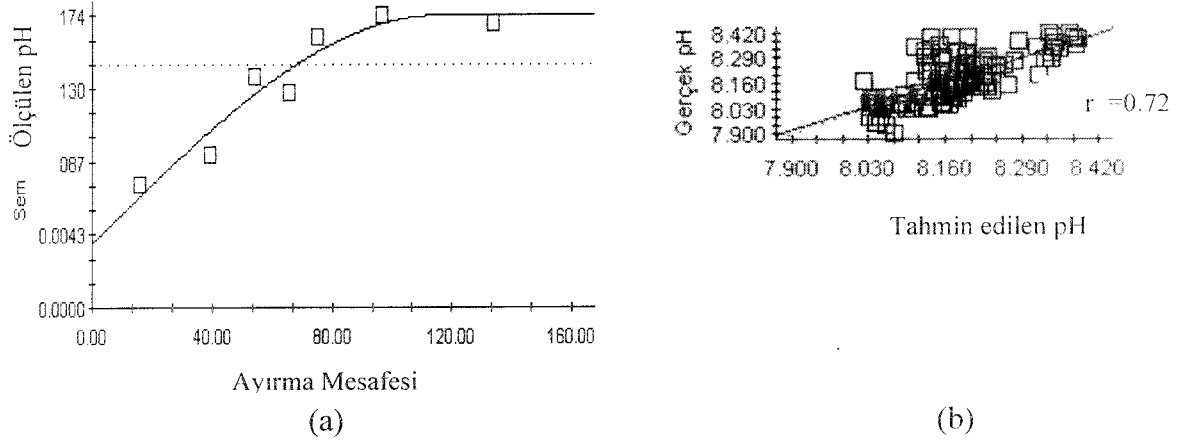
4.2.12. Toprak pH'sı

Toprak pH'ına ilişkin ölçülen değerlerin yüzey haritası Şekil 4.67'de görülmektedir. pH için uygun semivariogram için aktif lag mesafesi 160 m ve lag aralıkları ise 30, 50, 60, 70, 80 ve 110 m olarak belirlenmiştir. Oluşturulan semivariogram, çapraz değerlendirme ile kontrol edilmiştir. Çapraz değerlendirme yapılırken, ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında daha iyi bir ilişki bulmak (Şekil 4.68 (b)) ve en uygun semivariogramı oluşturmak (Şekil 4.68 (a)) için değişkene ait toplam 3 değer (1., 2. ve 11. değerler) yok kabul edilmiştir. Uygun bağlantı Modeli küresel olup uzaysal bağımlılığın mesafesi (Range (Ao)) 114.80 m'dir (Tablo.4.26). Uygun bağlantı Modeli kullanılarak pH için nokta-krigleme yöntemi ile nokta tahmini yapılarak, krigleme haritası çizilmiştir (Şekil 4.69). Krigleme ile nokta tahmini yapılırken, 200 m²'lik alanda 14 komşu nokta kullanılmıştır. Tahmin edilen değerlere ilişkin krigleme standart sapma haritası çizilmiştir (Şekil 4.70).

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.27'de verilmiştir. Hata değerlerine ait kareler ortalaması (MSE) 0.00 olarak bulunmuştur. pH için hata- tahmin grafiği Şekil 4.71'de ve hata değerlerine ait yüzey haritası ise Şekil 4.72'de görülmektedir.



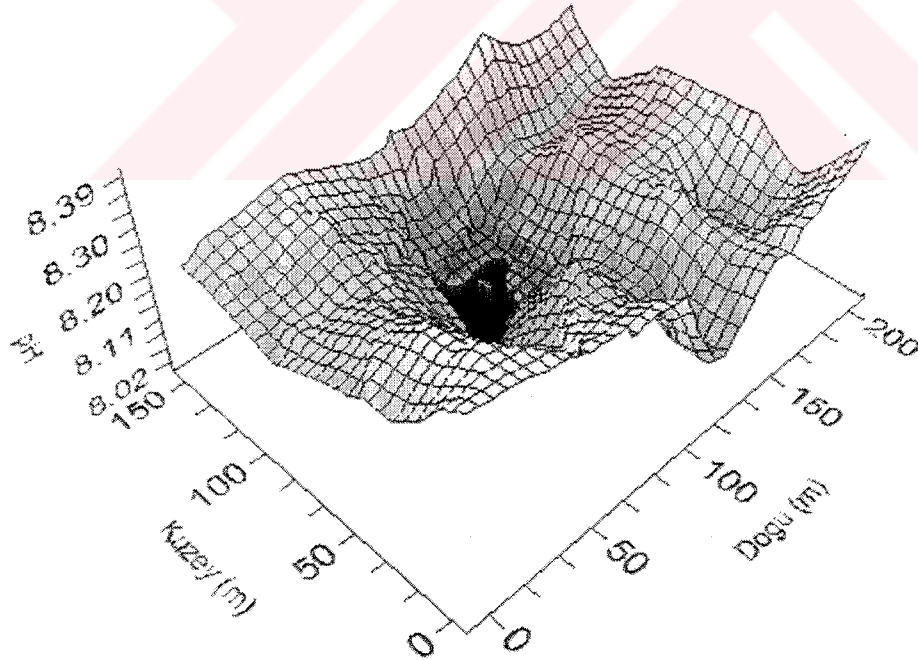
Şekil 4.67. pH için ölçülen değerlerin yüzey haritası



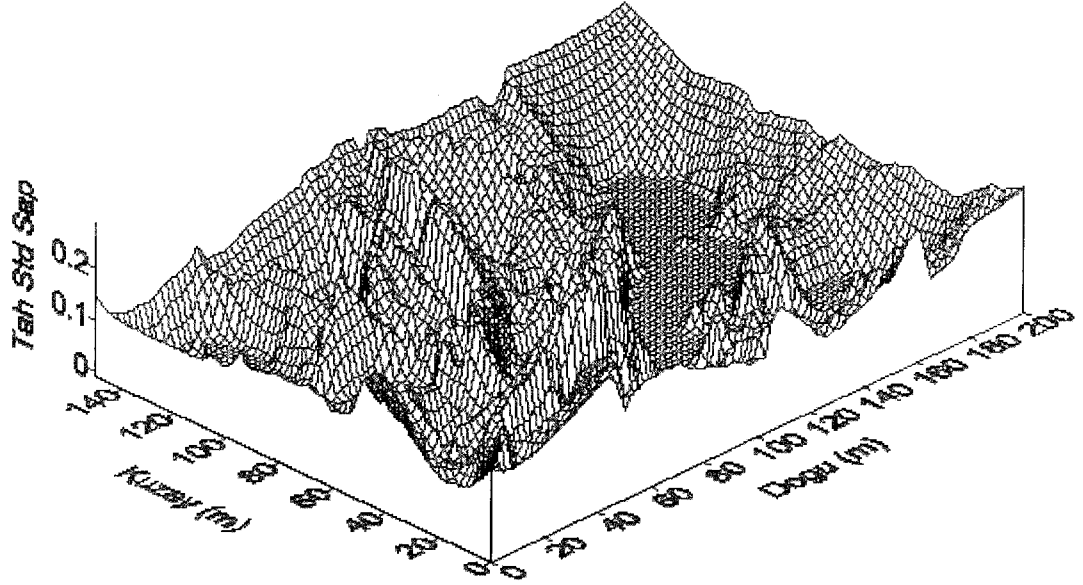
Şekil 4.68. pH için isotropik variogram (a) ve çapraz değerlendirme (b) grafikleri

Tablo 4.26. pH için isotropik variogram parametreleri

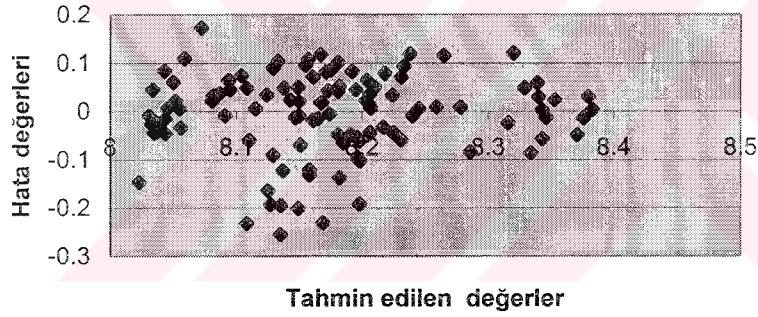
Model	Co (nugget)	Co+C (Sill)	Ao (Range)	R^2	RSS
Küresel	0.0038	0.0174	114.80	0.930	6.394E-06



Şekil 4.69. Nokta krigleme ile tahmin edilen pH değerlerinin yüzey haritası



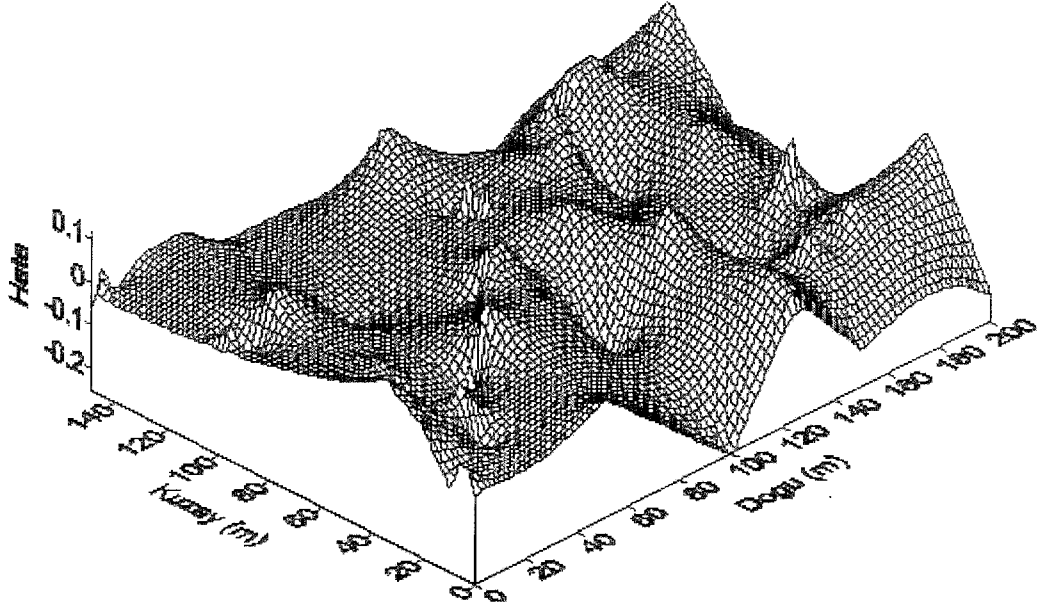
Şekil 4.70. pH için krigleme standart sapma (Tah Std Sap) değerlerine ilişkin yüzey haritası



Şekil 4.71. pH için tahmin- hata grafiği

Tablo 4.27. pH için ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistiksel analiz sonuçları

	Ölçülen	Tahmin	Hata
Ortalama	8.18	8.17	-0.01
Standart Hata	0.01	0.01	0.01
Ortanca	8.16	8.17	0.01
Standart Sapma	0.12	0.09	0.08
Varyans	0.01	0.01	0.01
Basıklık	-0.84	-0.19	0.64
Çarpıklık	0.20	0.49	-0.83
En Büyük	7.90	8.02	-0.26
En Küçük	8.42	8.38	0.17
Örnek Sayısı	113	113	113

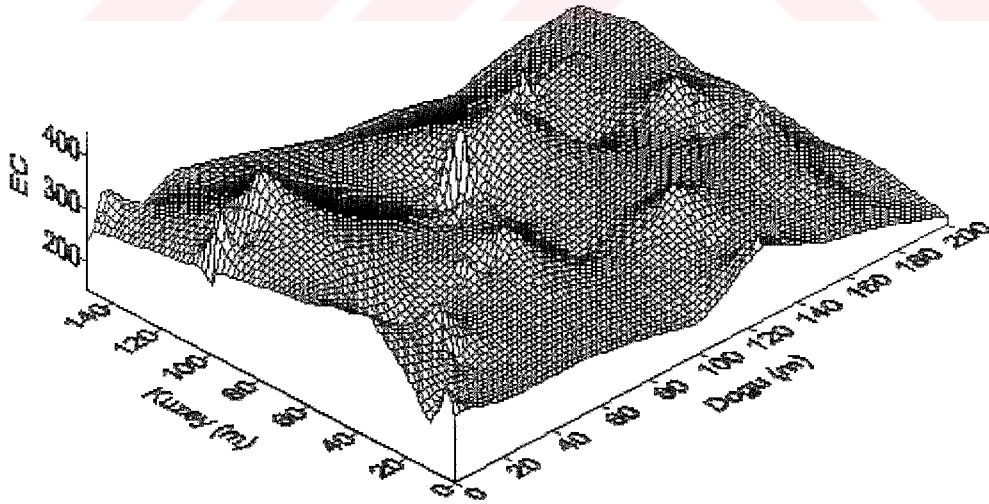


Şekil 4.72. pH için krigleme hata değerlerinin arazi boyunca değişim deseni

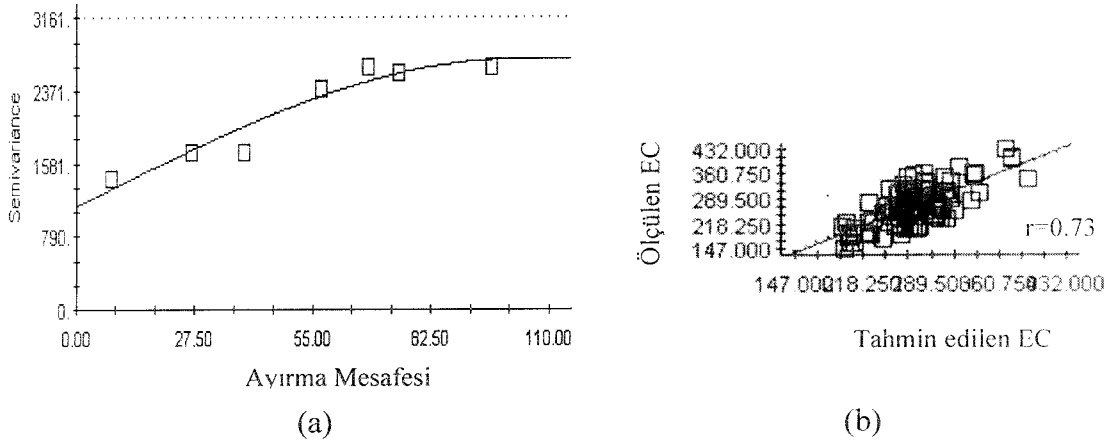
4.2.13. Elektriksel İletkenlik (EC)

EC'ye ilişkin ölçülen verilerin yüzey haritası Şekil 4.73' de görülmektedir. EC için uygun semivariogram için aktif lag mesafesi 110 m ve lag aralıkları ise 20, 30, 50, 65, 70, 80 ve 110 m olarak belirlenmiştir. Oluşturulan semivariogram, çapraz değerlendirme ile kontrol edilmiştir. Çapraz değerlendirme yapılırken, ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında daha iyi bir ilişki bulmak (Şekil 4.74 (b)) ve en uygun semivariogramı oluşturmak (Şekil 4.74 (a)) için değişkene ait toplam 8 değer (3., 11., 15., 34., 41., 42., 76. ve 111. değerler) yok kabul edilmiştir. Uygun bağlantı Modeli küresel olup uzaysal bağımlılığın mesafesi (Range (Ao)) 101.90 m'dir (Tablo.4.28). Uygun bağlantı Modeli kullanılarak EC için nokta-krigleme yöntemi ile nokta tahmini yapıp, krigleme haritası çizilmiştir (Şekil 4.75). Krigleme ile nokta tahmini yapılırken, 200 m²'lik alanda 13 komşu nokta kullanılmıştır. Tahmin edilen değerlere ilişkin krigleme standart sapma haritası çizilmiştir (Şekil 4.76).

Ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.29' da verilmiştir. Hata değerlerine ait kareler ortalaması (MSE) 1446.89 olarak bulunmuştur. EC için hata- tahmin grafiği Şekil 4.77'de ve hata değerlerine ait yüzey haritası ise Şekil 4.78' de görülmektedir.



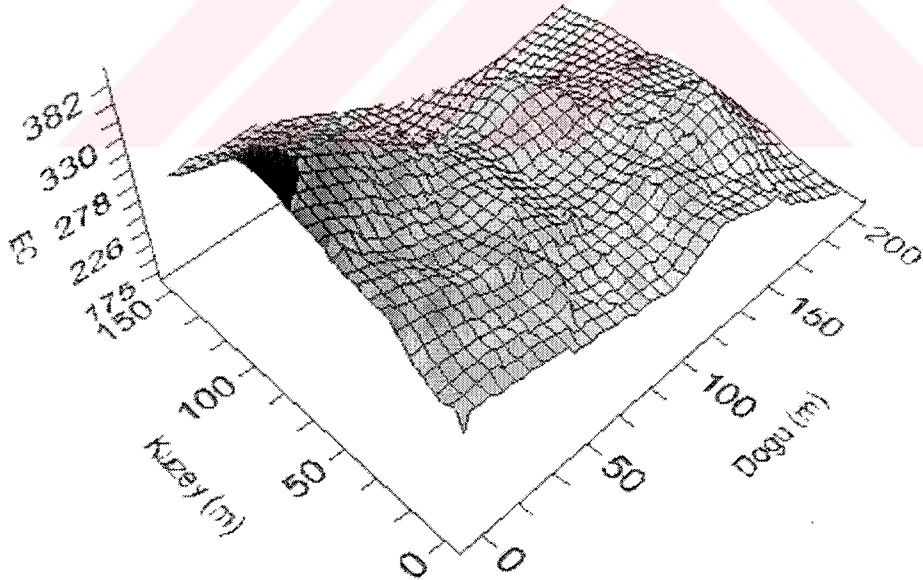
Şekil 4.73. EC için ölçülen değerlerin yüzey haritası



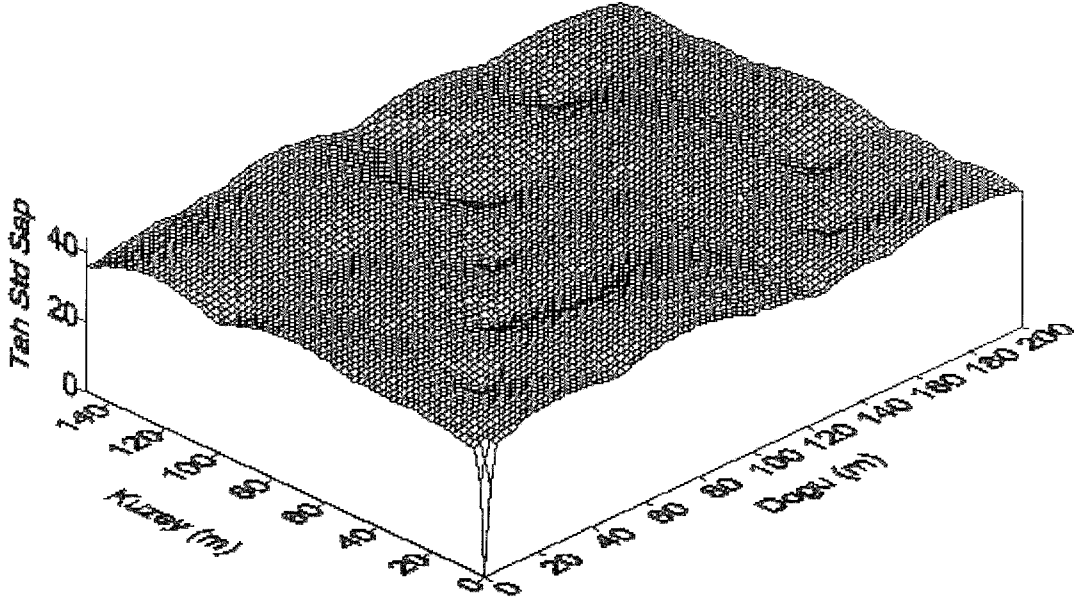
Şekil 4.74. EC için isotropik variogram (a) ve çapraz değerlendirme (b) grafikleri

Tablo 4.28. EC için isotropik variogram parametreleri

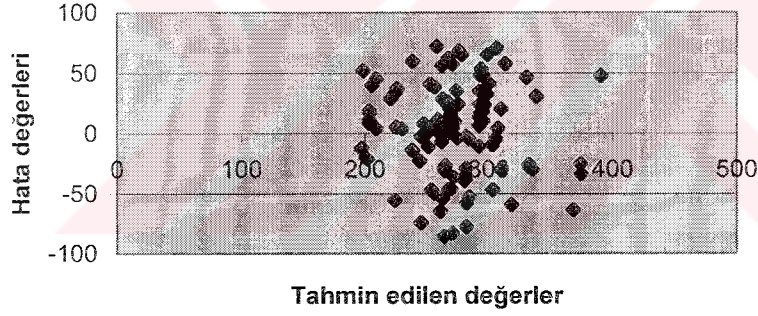
Model	Co (nugget)	Co+C (Sill)	Ao (m) (Range)	R^2	RSS
Küresel	1110.00	2711.00	101.90	0.92	134829.0



Şekil 4.75. Nokta krigleme ile tahmin edilen EC değerlerinin yüzey haritası



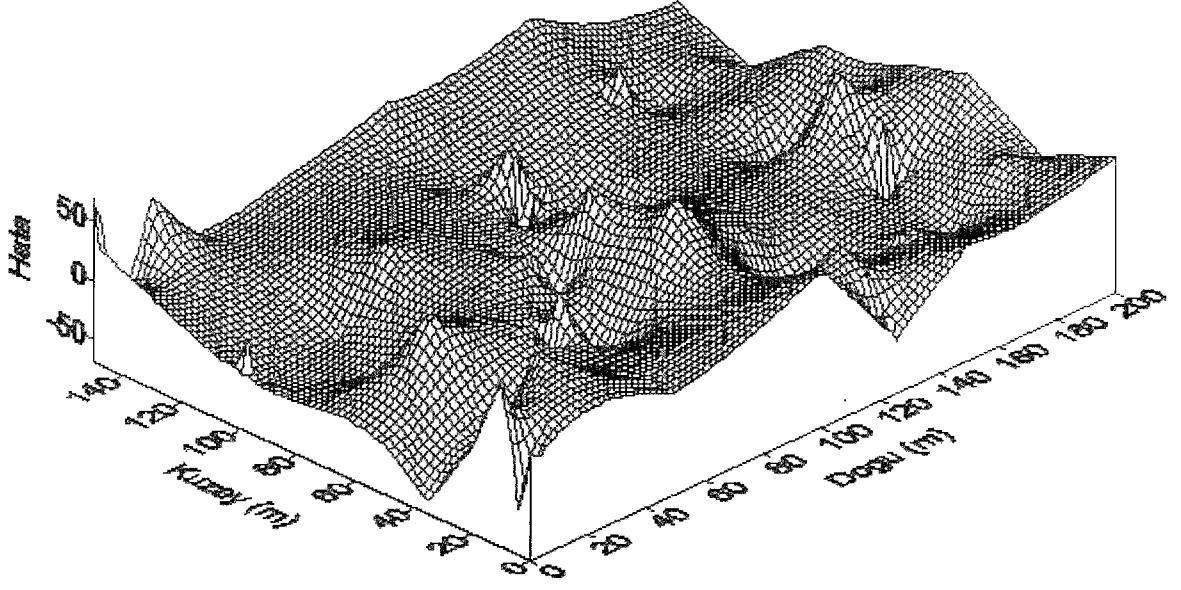
Şekil 4.76. EC için krigleme standart sapma (Tah Std Sap) değerlerine ilişkin yüzey haritası



Şekil 4.77. EC için tahmin- hata grafiği

Tablo 4.29. EC için ölçülen, tahmini ve hata değerlerinin tanımsal istatistiki analiz sonuçları

	Ölçülen	Tahmini	Hata
Ortalama	268.81	270.56	1.74
Standart Hata	5.41	3.79	3.67
Ortanca	262.50	269.01	5.07
Standart Sapma	56.23	39.40	38.18
Varyans	3161.35	1552.38	1457.36
Basıklık	-0.02	0.70	-0.60
Çarpıklık	0.37	0.37	-0.22
En Büyük	147.00	197.38	-86.06
En Küçük	432.00	390.63	72.09
Örnek Sayısı	108	108	108



Şekil 4.78. EC için krigleme hata değerlerinin arazi boyunca değişim deseni

5. Tartışma

Bu çalışmada yaklaşık 3 ha genişliğindeki bir aluviyal alanda bazı toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerinin uzaysal değişkenliği geleneksel istatistik ve jeostatistiksel yöntemler kullanılarak incelenmiştir. Bu amaçla önce değişkenlere ilişkin tanımsal istatistik yapılmış daha sonrada jeostatistiksel yöntemler yardımı ile bu değişkenlerin isotropik semivariogramları oluşturulmuş, çapraz değerlendirmeleri yapılmış, kriging haritaları çizilmiş ve elde edilen sonuçların doğruluğunun değerlendirilmesi için tahmin edilen değerlerin krigleme standart sapma haritaları, hata- tahmin grafikleri ve hata haritaları çizilmiş, hata ve tahmin değerlerine ait tanımsal istatistiksel analiz sonuçları belirlenmiştir.

İncelenen toprak özellikleri arasında en yüksek standart sapma değeri EC $\mu\text{s}/\text{cm}$ (56,2259) için, en düşük standart sapma değeri ise gözeneklilik (%) (0.0689) için hesaplanmıştır. Toprak özelliklerinden pH(% 01) düşük değişkenliğe, CaCO_3 (%) %42 ve doymuş hidrolik iletkenlik (cm/s) (%60) ise yüksek değişkenliğe sahiptirler. Özelliklerden silt (%) (-0.52), gözeneklilik(%) (-0.78) ve yarayışlı su içeriği ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) (-0,31) değişkenleri hafif sola yatık bir dağılım, Kil (%) (0.72), kum (%) (0.15), doymuş hidrolik iletkenlik (cm/s) (1.53), hacim ağırlığı(gcm^{-3}) (0.82), tarla kapasitesi su içeriği ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) (0.41), solma noktası su içeriği ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) (0.62), organik madde (%) (0.60), pH (0,19) ve EC (0.36) değişkenleri ise hafif sağa yatık bir dağılım göstermektedirler. İncelenen değişkenlerin basıklık değerlerine bakıldığında ise, Doymuş hidrolik iletkenlik (cm/s) (3.22) ve CaCO_3 (%) (11.52) değişkenleri yayvan bir dağılım, kil(%) (0.52), silt (%) (0.87), kum(%) (-0.67), gözeneklilik(%) (1.16), hacim ağırlığı(gcm^{-3}) (1.39), tarla kapasitesi su içeriği (cm^3) (0.20), yarayışlı su içeriği (cm^3) (-0.62), solma noktası su içeriği (cm^3) (1.81), organik madde miktarı (%) (-0.47), pH (-0.85) ve EC (-0.07) ise sivri bir dağılım göstermektedirler.

Hidrolik iletkenlik ve tarla kapasitesi su içeriği değişkenleri üssel modelle, diğer değişkenler ise küresel modelle modellenmiştirler. HA (0.0095), gözeneklilik (0.002), BYS (0.76), kil (%), (0.90) ve kum (%), (0.01) değişkenlerine ait nugget değerleri düşüktür. Sadece EC için çok yüksek nugget değeri (nugget=1110.00) hesaplanmıştır.

Trangmar ve ark (1987) çalışmaları sonucunda, kum (0.003), kil (0.001), toprak pH'sı (0.015) ve değişebilir karakteristikler (0.003) için nugget varyansın düşük olmasının,

kullanılan örnekleme planının bu özelliklerin uzaysal bağımlılığını sayısallaştırmak için uygun olduğunu gösterdiğini belirtmişlerdir. Nash et al. (1988) 0-30, 30-60, 60-90, 90-120 cm derinliklerde 30 m aralıklarla 1800 m uzunluğunda bir transect boyunca toprakların kil, kum, kaba kum ve CaCO₃ (%) özelliklerinin uzaysal bağımlılığını belirlemek için yaptıkları çalışmada CaCO₃ (%) için yüksek nugget etkisinin olduğunu ve bunun sebebinin örnekleme deseni ile ilgili olduğunu ve bu nugget etkisinin azaltılması için bu tür topraklarda kısa aralıklarla örnekleme yapılması gerektiğini bildirmişlerdir.

Bu çalışmada, toprak değişkenleri arasında uzaysal bağımlılığın mesafesi en uzun gözeneklilik için (range= 137.50 m), en kısa ise hidrolik iletkenlik için (range =24.9 m) bulunmuştur. Sobierajet al. (2002) hidrolik iletkenliğin uzaysal bağımlılığını bulmak için 20, 30, 50 ve 90 cm derinliklerinde bir transect boyunca toprağın doymuş hidrolik iletkenliğini ölçmüşlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda doymuş hidrolik iletkenlik için 25 m'den daha uzun mesafelerde uzaysal bağımlılığın görünmediğini bulmuşlardır. Tarla kapasitesi su içeriği için uzaysal bağımlılığın mesafesi 81.6 m, solma noktası su içeriği için uzaysal bağımlılığın mesafesi ise 123 m olarak bulunmuştur. Burden ve Selim (1989) ise yaptıkları bir çalışmada 0.03, 0.1 ve 1.5 MPa basınçlardaki su içerikleri için range mesafesini 26, 18 ve 22 m olarak bulmuşlardır. Ayrıca bir hat boyunca farklı basınçlardaki su miktarının azalmasına karşılık hacim ağırlığının arttığını gözlemlemişlerdir. Bunun arazinin farklı yerlerindeki baskılanmadan kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Çapraz değerlendirme sonuçlarına göre kil (%) ($r=0.94$), kum (%) ($r=0.95$) ve silt (%) ($r=0.85$) ve CaCO₃ (%)'e ($r=0.899$) ait gerçek değerler ile tahmini değerler arasında çok yüksek korelasyon katsayısı bulunmuştur. Korelasyon katsayılarının yüksek olması değişkenlere ait gerçek değerler ile tahmin edilen değerler arasında çok iyi bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Diğer toprak özelliklerine ait çapraz değerlendirme sonuçlarına göre korelasyon katsayıları 0.70-0.73 arasında bulunmuştur.

Her bir değişken için yapılan krigleme sonucunda elde edilen haritalar ile gerçek değerlere ait yapılan haritalar karşılaştırıldığında oldukları görülmektedir. CaCO₃ (%), kil (%), kum (%) ve silt (%) değişkenlerine ait bu haritalar birbirlerine en çok bezerlik gösterirken, K_{sat}, HA, OM, gözeneklilik, tarla kapasitesi (TK) su içeriği, pH ve EC değişkenlerine ait

haritalar ise nispeten daha az benzerlik göstermektedirler. Solma noktası (SN) su içeriği ve bitkiye yarayışlı (BYS) su içeriği değişkenlerine ait haritalar ise daha az benzerlik göstermektedirler. Bunun sebebi ise bu değişkenlere ait toprak örneği sayısının yeterli olmaması ve bundan dolayı daha iyi modellenememesi olabilir. Benzer şekilde, Nash ve ark (1988) toprak özelliklerine ait 240 ölçüm değerini 2245 grid noktada krigleme ile tahmin etmişlerdir. Krigleme sonucunda elde edilen haritalar gerçek değerlere ait haritalarla kıyaslandığında genelde birbirlerine benzedikleri görülmektedir.

Değişkenlerin krigleme haritalarına bakıldığında, araştırma alanı içerisinde kil (%) içeriğinin yüksek olduğu yerlerde doymuş hidrolik iletkenlik (K_{sat}), gözeneklilik ve organik madde içeriğinin de yüksek olduğu görülmektedir. Toprakların kil içeriğinin yüksek olduğu bölgelerde doymuş hidrolik iletkenliğin de yüksek olması organik maddenin bu bölgedeki toprakların daha iyi havalanmasını sağlaması ve geçirgenliğini artırmasından kaynaklanmış olabilir. Çünkü organik madde killi toprakların fiziksel özelliklerini düzeltmekte, toprak taneleri arasına girerek toprağın iyi havalanmasına ve makro gözenekliliğin artmasına böylece geçirgenliğin artmasına sebep olmaktadır (Brohi ve ark., 1997). Arazide organik madde miktarının yüksek olduğu yerler de yarayışlı su içeriğinin düşük olması ise organik maddenin suyu devamlı bünyesinde tutmasından dolayı solma noktasını yükseltmesinden kaynaklanabilmektedir. Organik madde su tutma kapasitesini artırmakta, ancak bunun bitkilere elverişli su içeriğini de artıracakı anlamına gelmemektedir. Çünkü organik madde, suyu oldukça sıkı bir şekilde bünyesine bağlayarak sürekli solma noktasını yükseltmektedir (Brohi ve ark., 1997).

Kil (%), kum (%), silt (%), K_{sat} (cm/h), TK, SN, bitkiye yarayışlı su içeriği, $CaCO_3$ (%) ve EC değişkenlerinin krigleme ile tahmin edilen değerlerine ilişkin krigleme standart sapma haritaları örnekleme desenini yansıtmaktadır. Aynı şekilde Trangmar ve ark (1987)'ın bazı kimyasalların ve verim bileşenlerinin uzaysal değişimini tanımlamak için yaptıkları çalışma sonuncunun, pirinç dane verimine ait tahmin varyansının yüzey haritasının direk kullanılan örnekleme desenini yansıttığı belirtilmiştir. Nash ve ark (1988) tarafından krigleme edilmiş değerlerin varyansının minimum değerler alması gerektiğini, ölçülmüş değerler için krigleme yapıldığında ise varyansların sifıra eşit olması gerektiğini belirtmişlerdir. Yani tahmin

değerlerinin varyansı, ölçülmemiş değerler için daha yüksek olmaktadır. OM, HA, gözeneklilik ve pH değişkenliklerine ait tahmini standart sapmaları örnekleme desenini belirtmemektedir. Fakat değişkenlere ait tahmini standart sapma değerleri ise düşük değerler almaktadır.

Krigleme ile yapılan tahminin doğruluğu gerçek değerlerle tahmin edilen değerlerin karşılaştırılması ile belirlenebilmektedir. Gerçek değerler ile tahmin edilen değerlerin saçılma grafiği çizildiğinde noktalar 45^0 lik hatta ne kadar yakınlarsa o kadar doğru bir tahmin yapılmış demektir. İncelenen her bir değişkene ait böyle bir saçılma grafiği çapraz değerlendirme sonucu elde edilen grafik ile benzerlik göstermektedir. Tahminin başarısı gerçek değerler ile tahmin edilen değerlere ait tanımsal istatistiki analiz sonuçlarının kıyaslanmasıyla da belirlenebilmektedir. Gerçek değerler ile tahmin edilen değerlerin benzer dağılım göstermeleri beklenilmektedir. Bunun için her ikisinin ortalamaları, ortanca değerleri ve standart sapmaları karşılaştırılmaktadır (Isaaks ve Srivastava, 1989). Araştırmada incelenen değişkenlere ait gerçek değerler ile tahmin değerlerinin dağılımlarına ortalamaları, ortanca değerleri ve standart sapmaları kıyaslanarak bakıldığında; kil (%), kum (%) ve gözeneklilik için benzer bir dağılım gösterdikleri belirlenmiştir. Aynı şekilde, silt (%), hidrolik iletkenlik, HA, TK, SN, BYS, OM, CaCO_3 (%), pH ve EC için de gerçek değerler ile tahmini değerlerin benzer bir dağılım gösterdiği fakat gerçek değerlerin standart sapması tahmin edilen değerlerin standart sapmasından büyük olduğu belirlenmiştir.

Yapılan tahminin doğruluğu belirlenirken hata değerlerinin tanımsal istatistiki analiz sonuçları da dikkate alınmaktadır. Herhangi bir tahmin için hata değerlerinin ortalamasının sıfır (0) olması amaçlanmaktadır. Ayrıca hata dağılımının ortanca değerinin de sıfır (0) olması beklenilmektedir. Yine hata değerlerinin simetrik bir dağılım göstermesi beklenilmektedir. Hata değerlerine ait ortalama ve medyanın sifıra yakın olması dağılımın simetrikliğini gösterir (Isaaks ve Srivastava, 1989). İncelenen kil (%) (-0.008 ve -0.058), kum (%) (-0.008 ve -0.058), silt (%) (-0.031 ve 0.222), hidrolik iletkenlik(-0.021 ve 0.207), HA (-0.004 ve 0.017), gözeneklilik (0.001 ve 0.001), TK su içeriği (-0.038 ve 0.136), SN su içeriği (-0.017 ve 0.259), BYR su içeriği (-0.054 ve 0.065) , OM (-0.002 ve -0.002), CaCO_3 (%), (-0.070 ve -0.032) ve pH (-0.007 ve 0.006) değişkenlere ait hata değerlerinin ortalaması ve ortanca değerleri sifıra

(0) yakın olarak belirlediğinden değişkenlere ait hata değerleri simetrik dağılım gösterdiği varsayılabilir. EC için ise hata değerlerinin ortalaması 1.740 ve ortanca değeri 5.069 olarak belirlenmiştir.

Hata değerlerinin karelerinin ortalaması da dağılımın yayılımı hakkında fikir vermektedir. Bu şekilde toprak özelliklerinin hata dağılımı istenilen şekilde tartışılabilmektedir. Ayrıca bu özelliklerin tahmin değerlerini belirli bir hata sınırı aralığında tutması beklenilmektedir. Yani tahmin değerleri yüksek ve düşük değerler olarak iki gruba bölündüğünde her iki gruptaki değerler de sifira (hata değerlerinin ortalamasına) yakın olduğunda ve yüksek tahmin edilen değerlerle düşük tahmin edilen değerlerin birbirlerini dengelendiğinde tahmin edilen değerler de tarafsız olmaktadır (Isaaks ve Srivastava, 1989). İncelenen değişkenler için hata-tahmin grafiği incelendiğinde değerlerin genellikle sifir etrafında toplandığı görülmektedir. Kil (%), kum (%), silt (%), HA, gözeneklilik, TK, SN, bitkiye yararışlı su içeriği ve EC için hata tahmin grafiğinde negatif hata değerleri ile pozitif hata değerlerinin dengeli olarak dağıldığı görülmektedir. Doymuş hidrolik iletkenlik, CaCO_3 (%) ve pH için negatif değerlerin pozitif değerlere göre sifirdan daha fazla uzaklaştığı görülmektedir.

Değişkenlere ait hata yüzey haritalarına bakıldığında, kil (%), % kum, silt (%), HA, gözeneklilik, TK, OM ve EC ait hata değerlerinin araştırma alanının orta kısımlarında düşük değerler aldığını, alanın kenarlarına ve köşelerini doğru ise gittikçe daha yüksek olduğu görülmektedir. Çünkü o bölgelerde krigleme ile bilinmeyen noktalar tahmin edilirken tahmin edilen noktanın çevresinde tahminde kullanılabilecek daha az sayıda ölçülmüş değer vardır.

Hidrolik iletkenliğe, ait hata değerlerinin çalışma alanın kuzey-doğu hizasında sifira yakın değerler aldığı görülmektedir. Çünkü bu bölümlerde daha yoğun ve kısa mesafelerle örnekleme yapılmıştır. Ancak, araştırma alanının kuzey üst ve güney alt bölümlerin de örneklemenin az olmasından ve örnekleme aralığının uzun olmasından dolayı e hidrolik iletkenliğin iyi tahmin edilemediği hata haritasından anlaşılmaktadır. Aynı şekilde SN, BYS, CaCO_3 (%) ve pH için hata değerlerinin örneklemenin az olduğu ve örneklemenin uzun aralıklarla yapıldığı bölgelerde yüksek olduğu bu değişkenlere ait hata haritalarından açıkça görülmektedir.

KAYNAKLAR

- AKBAŞ, F. 2004.** Entisol Ordosuna Ait Bir Arazide Bazı Toprak Özelliklerinin Değişimini Geleneksel ve Jeostatistiksel Yöntemlerle Belirlenmesi. Doktora Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Tokat.
- ANONİM, 2003.** Meteoroloji İstasyonu 1965-2003 Yıllık Ortalamaları, Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü, Tokat.
- BELL, K. R., B. J, BLANCHARD T. J, SCHMUGGE AND M. W. WITCZAK 1980.** Analysis of Surface Moisture Variations Within Large-Field Sites. Water Resour. Res, 16:796-810.
- BLAKE, G.R., AND HARDGE, K.H. 1986.** Methods of Soil Analysis. Bulk Density Part1. 2nd Ed. Agronomy 9. ASA and SSSA, 363-375, Madison.
- BOUYOUCOS, G.J, 1951.** A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soil. Agron. Jour, 43, 434-438.
- BURDEN, D.S., SELIM, H.M. 1989.** Correlation of Spatially Variable Soil Water Retention for A Surface Soil. Soil Science, 436-447, U.S.A.
- BROHİ, A.R., AYDENİZ, A., KARAMAN, M.R. 1997.** Toprak Organik Maddesi ve Humus. Toprak verimliliği. Türk Hava Kurumu Basım Evi, 79-86. Ankara.
- ÇETİN, S.C. 2004.** İki Ayrı Toprak Amenajmanı Altında Enzim Aktivitesinin Uzaysal Dağılımının Jeostatistiksel Yöntemlerle Belirlenmesi. Doktora tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Tokat.
- CAMPBELL, G.S. 1974.** A Simple Method for Determining Unsaturated Conductivity from Moisture Retention Data. Soil Science, 6, 321-314.
- CASSEL, D.K., BAUER, A. 1975.** Spatial Variability in Soils Below Depth of Tillage: Bulk Density and Fifteen Atmosphere Percentage. Soil Sci. Soc. Am. J, 39:247-250.
- CASSEL, D.K., UPCHURCH, D.R., ANDERSON, S.H. 1986.** Using Regionalized Variables to Estimate Field Variability of Corn Yield for Four Tillage Regimes. Soil Sci. Soc. Am. J, 52:222-228.
- CHENG, S.B. 2002.** Spatial and Statistical Similarities of Local Soil Water Fluxes. Soil Sci. Soc. Am. J, 66, 753-759.

- CHIEN, Y.J., LEE, D.Y., GUO, H. Y., HOUNG, K.H. 1997.** Geostatistical Analysis of Soil Properties of Mid-West Taiwan Soil. *Soil Sci.* 162 (4), 291- 298.
- DURAK, A., TAŞOVA, H. 1993.** Tokat Ziraat Fakültesi Yerleşim Alanının Toprak Etüt Haritalanması ve Sınıflandırılması. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.*, 10, 242-253. Tokat.
- ERŞAHİN, S., KARAMAN, M.R. 1999.** Alüvyial Bir Tarlada Bazı Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özelliklerinin Uzaysal (Spatial) Değişkenliğinin Belirlenmesi. *S.Ü. Ziraat Fak. Dergisi*, 13, 34-41
- ERŞAHİN, S., KARAMAN, M. R. 2000.** Toprak Değişkenliğinin Yere Özgü Amenajman ve Toprak Verimliliği Çalışmaları için Değerlendirilmesinde Faktör Analizin Kullanılması *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(2), 76-81.
- FLATMAN, G.T., YFANTIS, A.A. 1984.** Geostatistical Strategy for Soil Sampling: The Survey and Census. *Environ. Monit. Assess*, 4:335-349.
- GAJEM, Y. M., A. W. WARRICK, AND D. E. MYERS. 1981.** Spatial Dependence of Physical Properties of A Typic Torrifluvent Soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45:709-715.
- HANNA, A.Y., HARLAN, P.W., LEWIS, D.T. 1983.** Effect of Landscape Position and Aspect on Soil Water Recharge. *Argon. J.*, 75:57-60.
- HEUVEKLINK, G.B.M., WEBSTER, R. 2001.** Modelling Soil Variation: Past, Present, and Future. *Geoderma*, 100: 269-301.
- ISAACS, H.E., SRIVASTAVA. 1989.** An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press, N.Y, 10016.
- JURY, W.A. 1986.** Spatial Variability of Soil Properties. S.C. Hern And S.M. Melancon (Ed.) *Vadose Zone Modeling of Organic Pollutant.* Lewis Publishers, MI, 245-269, Chelsea.
- KACAR, B. 1997.** Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları 3, Ankara.
- KLUTE, A., DIRKSEN, C. 1986.** Hydraulic Conductivity and Diffusivity: Laboratory Methods *Methods of Soil Analysis. Part1. 2nd Ed.* Agronomy 9.Am. Soc. Agron, 687-732, Madison.

- KLUTE, A. 1986.** Water Retention: Laboratory Methods Methods of Soil Analysis. Part1. 2nd Ed. Agronomy 9.Am. Soc. Agron, 635-660, Madison.
- MALLANT. D., BINAYAK. P.M., DIEDERIK. J., FEYEN. J, 1996.** Spatial Variability of Hydraulic Properties in A Multi Layered Soil Profile. Soil Science, 161,167-180.
- MALO, D.D., WORCESTER, B.K. 1975.** Soil Fertility and Crop Responses at Selected Landscape Positions. Agron. J, 67:397-401.
- MALO, D.D., WORCESTER, B.K., CASSEL, D.K., MATZDORF, K.D. 1974.** Soil-Landscape Relations in a closed Drainage System. Soil Sci. Soc. Am. Proc, 38:813-818.
- MATZDORF, K.D., CASSEL, D.K., WORCESTER, B.K., MALO, D.D. 1975.** In-Situ Hydraulic Conductivity at Four Hillslope Locations in a closed Drainage System. Soil Sci. Soc. Am. Proc, 39:508-512.
- MCBRATNEY, A.B., PRINGLE, M.J, 1997.** Spatial Variability in Soil: Implications For Precision Agriculture. Spatial Variability in Soil And Crop, J, V. Stafford (Ed.) Precision Agriculture '97. Volume I:Bios Scientific Publishers Ltd, 3-31 Oxford, Uk.
- McLNTYRE, D.S., TANER, C.B. 1959.** A Normally Distrubuted Soil Physical Measurements and Non-Parametric Statistics. Soil Sci, 88:133-137.
- MINASNY, B., McBRATNEY, A. B. 2002.** The Efficiency of Various Approaches to Obtaining Estimates of Soil Hydraulic Properties. Geoderma, 107 .55-70.
- MULLA, D.J., McBRATNEY, A.B. 2001.** Soil Spatial Variability. Handbook of Soil Science CRS Pres, 321-352.
- NASH, M.H., DAUGHERTY, L.A., GUTJAHR, A., WIERENGE, P.J., NANCE, S.A. 1988.** Horizontal and vertical Kriking of Soil Properties Along a Transect in Southern New Mexico. Soil Sci. Soc. Am. J, 52:1086-1090.
- NIELSEN, D.R., BIGGAR, J, W., ERH, K. T. 1973.** Spatial Variability of Field-Measured Soil Water Properties. Hilgardia. 42:215-260.
- ORHUNBİLGE, N. 2000.** Tarımsal İstatistik Olasılık ve Olasılık Dağılımları. Tarımsal İstatistik. 73-157, İstanbul.
- ROBERTSON, G.P. 2000.** GS⁺: Geostatistics for The Environmental Sciences. Interpolation – Kriging and Inverse Distance Weighting. Gamma Design Soft Ware, 142-144.

- SKAGGS, T.H., ARYA, L.M., SHOUSE, P.J., MOHANTY, B.P. 2001.** Estimating Particle- Size Distrubition from Limited Soil Texture Data. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65, 1038-1044.
- SOBIERAJ, J.A., ELSENBEER, H., COELHO, R.M., NEWTON, B. 2002.** Spatial Variability of Soil Hydraulic Conductivity Along a Tropical Rainforest Catena. *Geoderma*, 108:79-90.
- TRANGMAR, B.B., YOST, R.S., VEHARA, G. 1985.** Application of Geostatistics to Spatial Studies of Soil Properties, *Advances in Agronomy*, 38, 45-91.
- TRANGMAR, B.B., YOST, R.S., UEHARA, G. 1986.** Spatial Dependence and Interpolation of Soil Properties in West Sumatra, Indonesia: II. Co- regionalization and Co-kriking. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50:1396-1400.
- TRANGMAR, B.B., YOST, R.S., WADE, M.K., UEHARA, G., SUDJADI, M. 1987.** Spatial Variation of Soil Properties and Rice Yield on Recently Cleared Land. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51: 668-674.
- TURANLI, M., GÜRİŞ, S., 2000.** Ortalamalar Değişkenlik ve Asimetrik Ölçüleri. *Temel İstatistik*, 56-195. İstanbul.
- VIEIRA, S.R., NIELSEN, D.R., BIGGAR, J.W. 1981.** Spatial Variability of Field-Measured Infiltration Rate. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45, 1040-1048.
- WARRICK, A.W., MYERS, D.E., NIELSEN, D.R. 1986.** Geostatistical Methods Applied to Soil Science. *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods- Agronomy Monograph No: 9 (2nd Edition)*. Madison.
- WANG, C. 1982.** Application of Transect Method to Soil Survey Problems *Land Resource Res. Inst. Res. Branch Agric. Canada* 82-01:1-34.
- WEBSTER, R. 1973.** Automatic Soil-Boundary Location From Transect Data. *Math. Geol.* 5:27-37.
- WEBSTER, R., OLIVER, M.A. 1990.** *Statistical in Soil And Land Resource Survey*. Oxford University Pres. New York, NY.
- WOLLENHAUPT, N.C., MULLA, D.J., GOTWAY CRAWFORD, C.A. 1997.** Soil Sampling and interpolation Techniques for Mapping Spatial Variability of Soil

Properties. The State of Site Specific Management for Agriculture. American Society of Agronomy, 19-53, Madison.

YATES, S.R., YATES, M.V. 1988. Disjunctive Kriking as on Approach to Management Decision Making. Soil Sci. Soc. Am. J, 52: 1554-1558.

ZIRSCHKY, J, 1985. Geostatistics for Environmental Monitoring and Survey Design. Environ. Int, 11, 515-524.

ZIRSCHKY, J,, HARRIS. D. J, 1986. Geostatistical Analysis of Hazardous Waste Site Data. J, Environ. Eng. (NY), 112:770-784.

ZIRSCHKY, J,, KEARY, G.P., GILBERT, R.O., MIDDLEBROOKS, E.J, 1985. Spatial Estimation of Hazardous Waste Site Data. J, Environ. Eng, (NY), 111:777-789.



ÖZGEÇMİŞ

Buket YETGİN

1978'de Turhal'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Turhal'da, lise öğrenimini ise Tokat'da tamamladı. 1997 yılında Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümüne kayıt yaptırdı. 2001 yılında üniversiteden mezun oldu ve aynı yıl mezun olduğu üniversitede yüksek lisans çalışmasına başladı. 2002 yılında Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Halen bu görevi yürütmektedir.

